

Aus dem Institut für Radiologie
der Medizinischen Fakultät der Charité - Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

**Der diagnostische Stellenwert des Mehrschicht-Spiral-CT
bei Patienten mit Verdacht auf Darmischämie**

Zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät der Charité -
Universitätsmedizin Berlin

von
Robert Jungblut
aus Berlin

Dekan: Prof. Dr. med. Martin Paul

Gutachter: 1. Prof. Dr. med. B. Hamm
 2. Prof. Dr. med. H.-J. Schulz
 3. Priv.-Doz. Dr. med. L. Kopka

Datum der Promotion: 20.4.2005

Abstrakt

Fragestellung: Wie nützlich ist das Mehrschicht-Spiral-CT bei der Diagnostik der Darmischämie?

Studiendesign: Retrospektive Studie

Patientenkollektiv: 112 Patienten, die in einem Zeitraum von drei Jahren bei Verdacht auf Darmischämie in einem Mehrschicht-Spiral-CT untersucht wurden.

Ergebnis: Bei den 112 Verdachtsfällen handelte es sich in 26 Fällen um eine Darmischämie. Das CT erkannte davon 24 (92%), ein Fall wurde falsch negativ (4%) befundet und ein Fall (4%) wurde als unklar eingestuft. Von den 86 Fällen ohne Darmischämie wurden 77 (89%) korrekt erkannt, drei (4%) wurden falsch positiv befundet und 6 (7%) Fälle wurden als unklar eingestuft. Die Ergebnisse der bei manchen Patienten zusätzlich durchgeführten Sonographie – und Röntgenuntersuchungen waren erheblich schlechter (Sono: Sensitivität: 0%, Spezifität: 85,7%; Röntgen: Sensitivität: 0%, Spezifität: 100%). Die erhobenen Laborparameter (Leukozyten, Lactat, D-Dimere) waren zur Beurteilung, ob es sich um eine Darmischämie handelt, nicht spezifisch genug.

Schlussfolgerung: Das Mehrschicht-Spiral-CT ist mit einer Sensitivität von 92% und einer Spezifität von 97% gut zur Erkennung einer Darmischämie geeignet. Unklare Fälle sind mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht operationswürdig.

Schlagworte:

Darmischämie

Mesenterialischämie

Ischämie

Mehrschicht-Spiral-CT

Akutes Abdomen

Abstract

Objective: To verify the diagnostic importance of helical CT in the diagnosis of mesenteric ischemia.

Design: Retrospective study

Subjects: 112 patients, who were examined by helical CT during a 3-year-period, with suspected mesenteric ischemia.

Main Outcome: 26 cases proved to be mesenteric ischemia. Helical CT was diagnostic in 24 (92%) cases, wrong in one (4%) case and uncertain in one (4%) case. No ischemia was correctly diagnosed in 77/86 (89%) cases, wrongly in three (4%) and 6 cases (7%) were uncertain. Sonographie and plain film radiographs were taken on some patients, but the results were unsatisfactory. Sonography: Sensitivity: 0%, specificity: 85,7%. Plain film sensitivity: 0%, specificity: 100%. Results of laboratory test were of little diagnostic value (white blood cell count, lactate, d-dimere).

Conclusions: Helical CT is a valuable tool for detecting mesenteric ischemia with a sensitivity of 92% and a specificity of 97%. Suspected mesenteric ischemia which cannot be proved by helical CT are most probable non surgical cases.

Key-Words:

ischemia

mesenteric ischemia

mesenterical ischemia

helical CT

acute abdomen

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen	3
2.1	Anatomie der Eingeweidearterien	3
2.2	Pathophysiologie	6
2.3	Klinisches Krankheitsbild	8
2.4	Einteilung der Ischämien	10
2.4.1	Der embolische Verschluss einer Arterie.	10
2.4.2	Der akut thrombotische Verschluss einer Arterie.	11
2.4.3	Der akut thrombotische Verschluss einer Vene.	11
2.4.4	Die nicht okklusive Darmischämie (NOMI = non occlusive mesenterical ischemia)	12
2.4.5	Sekundäre Ursachen	12
2.4.6	Die chronische Darmischämie	12
2.5	Historische Entwicklung	13
2.5.1	Erforschung des Krankheitsbildes	13
2.5.2	Therapie	14
2.5.3	Diagnostik	15
2.6	Apparative Untersuchungen	16
2.6.1	Sonographie	16
2.6.2	Konventionelles Röntgen	17
2.6.3	Angiographie	18
2.6.4	Computertomographie	19
2.6.4.1	Kontrastmittelgabe	20
2.6.4.2	Die Zeichen einer Darmischämie	22
2.6.5	Kernspintomographie (MRT)	26
2.6.6	Weitere Untersuchungen	27
2.6.6.1	Szintigraphie	27
2.6.6.2	Laparoskopie	27
2.6.6.3	Endoskopie	27
2.6.6.4	Endoluminale Laser Doppler Flussmessung	28
2.6.6.5	Analyse der Peritonealflüssigkeit	28
2.6.6.6	Tonometrie	28
2.7	Laborparameter	29
2.7.1	Leukozyten	29
2.7.2	Lactat	29
2.7.3	D-Dimere	30
2.7.4	Base excess	31
2.7.5	Weitere Laborparameter	31
2.7.5.1	Serum D-Lactat	31

2.7.5.2	Serumphosphat	32
2.7.5.3	Intestinal Fatty Acid-Binding Protein	32
2.7.5.4	Kreatin-Kinase	32
2.7.5.5	Andere	32
2.8	Therapie	33
3	Material und Methoden	34
3.1	Patienten	34
3.2	Erfassungsmethode	34
3.3	Einteilungen und Kriterien	35
3.4	Apparative Untersuchung	37
3.5	Statistische Auswertung	38
4	Ergebnisse	41
4.1	Alters- und Geschlechtsverteilung	41
4.2	CT-Befunde	43
4.3	Sonographie und Röntgen	47
4.4	Laborparameter	49
4.4.1	Leukozyten	50
4.4.2	Lactat	51
4.4.3	D-Dimere	51
4.4.4	Base excess	52
4.5	Ätiologie der Ischämien	52
4.6	Letalität	53
4.6.1	Letalität nach Lebensalter	54
4.6.2	Letalität nach Erkennung im CT	55
4.6.3	Letalität nach Überweisung	56
4.6.4	Letalität nach Therapie	57
4.7	Zeitliche Entwicklung der CT-Untersuchungen	57
5	Diskussion	60
5.1	Formen der Darmischämie	61
5.2	Letalität	63
5.3	Vergleich Laborparameter	67
5.4	Erkennung im CT	69
5.5	Vergleich der bildgebenden Verfahren	72
6	Zusammenfassung	78
	Literaturverzeichnis	80

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Altersverteilung nach Lebensdekaden	42
Tabelle 2: CT-Diagnosen und tatsächliche Erkrankung	44
Tabelle 3: Tatsächliche Erkrankung und CT - Diagnosen	45
Tabelle 4: Zeichen der Darmischämie	46
Tabelle 5: Unklare Befunde werden nicht gewertet	46
Tabelle 6: Die unklaren Befunde werden als Ischämie gewertet	47
Tabelle 7: Die unklaren Befunde werden als keine Ischämie bewertet	47
Tabelle 8: Ergebnisse der Sonographie	48
Tabelle 9: Ergebnisse des Röntgens	48
Tabelle 10: Apparative Untersuchungen	49
Tabelle 11: Laborparameter	50
Tabelle 12: Leukozyten (G/l)	50
Tabelle 13: Lactat	51
Tabelle 14: D-Dimere (mg/dl)	52
Tabelle 15: Base excess (mmol/l)	52
Tabelle 16: Ursachen der Ischämie	53
Tabelle 17: Letalität nach Lebensalter	55
Tabelle 18: Letalität nach Erkennung im CT	56
Tabelle 19: Letalität nach Überweisung	56
Tabelle 20: Letalität nach Therapieform	57
Tabelle 21: Chronologische Verteilung der Untersuchungen bei Verdacht auf Darmischämien	58
Tabelle 22: Chronologische Verteilung der Diagnosen pro Jahr	59
Tabelle 23: Ischämieverdacht bei Überweisungen aus der Notaufnahme	59
Tabelle 24: Ischämieformen in der Literatur	62
Tabelle 25: Letalität in der Literatur	64
Tabelle 26: Einordnung unklarer Befunde	70
Tabelle 27: Sensitivität und Spezifität in der Literatur	71

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Diagrammlegende	39
Abbildung 2: Altersverteilung Gruppen	42
Abbildung 3: Ursachen der Ischämien	53
Abbildung 4: Überlebenskurve	54
Abbildung 5: Letalität nach Lebensalter	55
Abbildung 6: Chronologische Verteilung der Untersuchungen bei Verdacht auf Darmischämien	58
Abbildung 7: Letalität in der Literatur	64

Verwendete Abkürzungen

- AMI: arteria mesenterica inferior
- AMS: arteria mesenterica superior
- CT: Computertomographie
- MRT: Kernspintomographie
 - I: Darmischämie, die im CT richtig erkannt wurde
- FN: (Falsch negativ) eine Darmischämie, die im CT übersehen wurde
- FP: (Falsch positiv) keine Darmischämie, die im CT fälschlicherweise diagnostiziert wurde
- KI: keine Darmischämie, was im CT richtig erkannt wurde
- UI: Darmischämie, aber im CT war der Befund unklar
- UKI: im CT unklarer Befund und es stellte sich heraus, dass keine Darmischämie bestand

1 Einleitung

Die Ischämie des Darmes ist eine seltene Krankheit, die hauptsächlich ältere Menschen betrifft, die zusätzliche Risikofaktoren aufweisen. Die meisten Erkrankten sind zwischen 70 und 80 Jahre alt. Durch das steigende Durchschnittsalter der Bevölkerung in den Industrienationen kommt die Darmischämie immer häufiger vor [41,48,95]. Allerdings hat sich die hohe Sterblichkeit der Erkrankten in den letzten hundert Jahren trotz großer Fortschritte in Diagnostik und Therapie nicht wesentlich verändert. Die Letalität der Darmischämie liegt heute immer noch bei durchschnittlich 71% (59%-93%) [5,19].

Der Begriff „Akutes Abdomen“ wird als klinischer Sammelbegriff für Krankheitszustände benutzt, die durch rasches Auftreten mehr oder weniger starker Bauchschmerzen, von Abwehrspannung und Veränderungen der Darmperistaltik gekennzeichnet sind [68], wobei allerdings keine eindeutige Definition existiert. Der Begriff wird benutzt, um den Zustand von Patienten zu kennzeichnen, bei denen eine diagnostische Klärung noch nicht erfolgt ist, wegen der Schwere der Symptome jedoch dringender Handlungsbedarf besteht [72], auch wenn es sich im weiteren Verlauf zeigen sollte, dass es sich um keine lebensbedrohliche Erkrankung handelt [80]. Demzufolge lautet die Arbeitsdiagnose bei Patienten mit einer Darmischämie oft akutes Abdomen, vor allem deshalb, weil die unspezifischen Symptome häufig erst im weiteren Verlauf die tatsächliche Erkrankung erkennen lassen.

Die Bemerkung von Cokkinis im Jahre 1926, dass *„der Verschluss einer Eingeweidearterie als eine der Konditionen angesehen werden muss, bei denen die Diagnose unmöglich, die Prognose hoffnungslos und die Behandlung nahezu nutzlos“* sei, trifft glücklicherweise nicht mehr zu [13]. Aber auch heute zeigen die Ergebnisse nahezu aller Untersuchungen, dass eine Verbesserung des Heilungserfolges nur mit einer früheren Diagnosestellung zu erreichen ist. Kniemeyer et al. resümierten 2002 [51], dass nach den großen chirurgischen Fortschritten der letzten Jahrzehnte bei der Behandlung der Darmischämie eine Phase der Stabilisation eingetreten sei. Da operationstechnisches Know-how und intensivmedizinisches Management zur Routine geworden seien, wären greifbare therapeutische Fortschritte fast ausschließlich in einer frühzeitigen Diagnosestellung begründet. Die Diagnose wird allerdings durch die

unspezifische Symptomatik erschwert und erfordert eine Verbesserung der diagnostischen Logistik [27].

Zu Beginn der Darmischämie imponiert nur der viszerale (Bauch)-Schmerz, der in seinem wenig dramatischen Beginn in einem Missverhältnis zur tatsächlichen Bedrohung des Patienten steht. Wenn Laborwertveränderungen, Peritonismus oder durch bildgebende Verfahren sichtbare Zeichen hinzukommen, liegt häufig schon eine beginnende Darmgangrän vor [44]. Die ansteigende Inzidenz der Darmischämie in den letzten 25 Jahren ist auch zum Teil darin begründet, dass heute Patienten überleben, die früher an ihrer Primärkrankheit gestorben wären, während sie heute eine Darmischämie entwickeln, die eine späte Folge ihrer Primärerkrankung ist [48].

Da sich bis heute kein Laborparameter finden ließ, der sich als genügend spezifisch erwies eine Darmischämie anzuzeigen, wird die durch ständige Weiterentwicklung verbesserte bildgebende Diagnostik immer wichtiger. Sie hat nicht nur die Aufgabe, eine Darmischämie möglichst sicher zu diagnostizieren, sondern auch wichtige Differentialdiagnosen des häufig unklaren Krankheitsbildes zu zeigen oder auszuschließen [28]. In den letzten zehn Jahren hat sich mit der Entwicklung der Spiral-Computertomographen (Spiral-CT) eine Möglichkeit ergeben, eine Darmischämie schon frühzeitig zu erkennen und somit schnell therapeutische Maßnahmen einzuleiten.

In dieser Studie versuchen wir die Frage zu beantworten, die sich im klinischen Alltag häufig stellt:

Ist die Durchführung eines Mehrschicht-Spiral-CT bei Verdacht auf eine Darmischämie sinnvoll?

In den meisten veröffentlichten Untersuchungen konnte keine Aussage zur Spezifität der Untersuchungsmethode gemacht werden, weil nur Patienten mit bestätigter Diagnose berücksichtigt wurden. In unserer Untersuchung sollten durch die Einbeziehung aller Patienten, die im Zeitraum von drei Jahren, vom 1.1.2000 bis zum 31.12.2002, bei Verdacht auf eine Darmischämie mit einem Mehrschicht-Spiral-CT untersucht wurden, Erkenntnisse über Sensitivität und Spezifität der Untersuchungsmethode gewonnen werden.

2 Grundlagen

2.1 Anatomie der Eingeweidearterien

Die Bauchorgane werden von den drei unpaaren Eingeweidearterien Truncus coeliacus, Arteria mesenterica superior (AMS) und Arteria mesenterica inferior (AMI) versorgt. Sie entspringen direkt aus der Aorta, wobei die Arteria mesenterica superior die größte und wichtigste Arterie für die Versorgung des Darms ist. Der Truncus coeliacus versorgt das Duodenum bis zur Pars descendens über die Arteria pancreatico-duodenalis superior (→ aus der Arteria gastroduodenalis → aus der Arteria hepatica communis). Er trägt zur Durchblutung des Darms nicht entscheidend bei, stellt jedoch durch Verbindungen mit der Arteria mesenterica superior einen wichtigen kollateralen Versorgungsweg dar. Ein akuter Verschluss des Truncus coeliacus kann ohne resultierende Darmischämie verlaufen [89]. Die Versorgung des Dünndarms übernimmt die Arteria mesenterica superior. Bis kurz vor die linke Kolonflexur (Cannon-Böhmscher Punkt) bezieht auch der Dickdarm sein Blut über die Arteria mesenterica superior, während die anschließenden Abschnitte von der Arteria mesenterica inferior versorgt werden. Das mittlere und distale Rektum bezieht über die Arteria rectalis inferior (→ aus der Arteria pudenda interna) und der Arteria rectalis media einen Teil seiner Versorgung auch aus der Arteria iliaca interna [23,52].

Die Arteria mesenterica superior entspringt ca. 1-2 cm unter dem Truncus coeliacus auf Höhe des ersten Lumbalwirbelkörpers spitzwinklig aus der Aorta und zieht im Mesenterium über den Processus uncinatus des Pankreas hinweg im Mesenterium in den rechten unteren Quadranten des Abdomens. Sie teilt sich auf in die Arteriae pancreatico-duodenales inferiores, die Arteria ileocolica, die Arteria colica media, die Arteria colica dextra, 4 bis 6 Arteriae jejunales zur Versorgung des Jejunums und 9 bis 13 Arteriae ileales zur Versorgung des Ileums. Die Anzahl der Arteriae jejunales et ileales ist sehr variabel und kommt in der erwähnten Form bei ca. 83% der Individuen vor [52]. Diese anastomosieren untereinander und bilden ein bis drei so genannte Gefäßarkaden. Die am dichtesten parallel zum Darm verlaufenden Arterien werden als Arteriae marginales bezeichnet, von denen letztlich anatomische Endarterien (vasa recta) in den Darm ziehen. Dies sind die kleinsten angiographisch darstellbaren und chirurgisch erreichbaren Gefäße des Darms [23]. Die Arteriae pancreatico-duodenales

ziehen zum Duodenum und beteiligen sich an seiner Versorgung. Die Arteria ileocolica versorgt das terminale Ileum und proximale Kolon. Die Arteria colica dextra und Arteria colica media leiten bis zur linken Flexur Blut zum Kolon. Aus der Arteria mesenterica superior können auch Gefäße, die eigentlich dem Truncus coeliacus zugeordnet sind, entspringen. So kommt bei ca. 30% der Individuen die gesamte oder teilweise Versorgung der Leber aus der Arteria mesenterica superior [106].

Die Arteria mesenterica inferior ist das kleinste Gefäß der drei unpaaren Eingeweidearterien, die nur ungefähr 10% des Darms versorgt [21]. Sie entspringt am weitesten distal, ca. 3-5 cm proximal der Aortenbifurkation, aus der Aorta [23]. Sie teilt sich in zwei Äste: die Arteria colica sinistra und Arteria rectalis superior. Die Arteria colica sinistra versorgt das Kolon descendens und sigmoideum. Sie erreichte in 86% der 400 von Michels et al. durchgeführten Sektionen die linke Kolonflexur und anastomosiert mit der Arteria mesenterica superior [Zitat aus 52]. Die Arteria rectalis superior bildet keine Arkaden, sondern ihre Endäste ziehen direkt und voneinander unabhängig ins Rektum. Dort anastomosieren sie mit den rektalen Ästen der Arteriae iliacae internae.

Den venösen Abfluss übernehmen Venen, die hauptsächlich dem Arterienverlauf folgen. Die Vena mesenterica inferior mündet in die Vena lienalis, die sich dann mit der Vena mesenterica superior zur Vena porta vereinigt. Auch auf der venösen Seite bestehen zahlreiche Anastomosen zum systemischen Kreislauf über gastrische, oesophageale, renale, lumbale und pelvine Venen.

Diese Zusammenstellung ist eine Auflistung der statistisch am häufigsten auftretenden Varianten. Chow et al. und Kornblith et al. zitieren eine Studie von Nebesar (1969), in der sich bei 400 Sektionen nicht zwei Individuen fanden, die dieselbe Gefäßarchitektur aufwiesen [23,52].

Aufgrund ihrer embryonalen Wanderung sind die drei intestinalen Hauptarterien durch Kollateralen verbunden. Diese sind meist nur rudimentär ausgeprägt, können aber kleinere Unregelmäßigkeiten der mesenterialen Versorgung gut ausgleichen. Ihre volle Leistungsfähigkeit erreichen sie allerdings erst mit der Zeit und sind somit hauptsächlich bei chronischen Gefäßverschlüssen eine ausreichende Versorgungsquelle. Die vollständige Leistungsfähigkeit der betroffenen Hauptarterie wird jedoch selten

erreicht. Bei akuten Ereignissen kommt es deshalb, auch wenn eine gute Kollateralisierung vorhanden ist, zu einer Mangelversorgung.

Als klinisch besonders wichtig sind folgende Kollateralen zu nennen:

Bühlersche Anastomose: sie verbindet die Arteria mesenterica superior mit dem Truncus coeliacus über die Arteria pancreatico-duodenalis inferior und die Arteria pancreatrico-duodenalis superior. Von einigen Autoren wird damit auch ein embryonaler Arterienbogen bezeichnet, der die Arteria mesenterica superior direkt mit dem Truncus coeliacus oder einem seiner Hauptäste verbindet [23,52].

Riolan-Arkade: ein starker Ast der Arteria colica sinistra, der im Mesenterium etwas von der Darmwand entfernt mit der Arteria colica media anastomosiert und somit die Arteria mesenterica inferior mit der Arteria mesenterica superior verbindet.

Drummond-Arkade: ein Arterienbogen, der direkt am Kolon entlang zieht und aus dem die vasa recta in die Kolonwand eintreten. Er verbindet die Arteria colica sinistra mit der Arteria colica media. Bei manchen anatomischen Ausprägungen ist er mit der Riolan-Arkade identisch.

Rektale Anastomosen: die Verbindung der Arteria mesenterica inferior mit der Arteria iliaca interna über die rektalen Plexus der Arteria rectalis superior et media mit der Arteria rectalis inferior.

Die Nomenklatur der Anastomosen ist nicht vereinheitlicht. Hengesbach erwähnt 12 Anastomosen der Darmarterien, allerdings nicht die Häufigkeit ihres Auftretens [39]. Kornblith et al. unterteilten 6 Kategorien von Gefäßverbindungen jeweils zweier Versorgungsgebiete, die über individuell unterschiedlich ausgebildete Gefäße verlaufen können [52].

Im Duodenum und Rektum treten aufgrund der relativ geringen Organgröße und der meist gut ausgebildeten Kollateralen nur selten ischämische Veränderungen auf [22].

Relativ gering ist die Gefäßausstattung der linken Kolonflexur und des rektosigmoidalen Überganges, was eine Darmischämie an diesen Stellen begünstigt. Kornblith et al. [52] bezeichneten verschiedene weitere „weak spots“, die aufgrund individueller Gefäßausstattung bei Minderdurchblutung zuerst symptomatisch werden. Sie werden auch als „letzte Wiesen“ bezeichnet.

2.2 Pathophysiologie

Unter normalen Umständen bezieht der Darm etwa 20% des Herzminutenvolumens in Ruhe, wovon etwa zwei Drittel die Mukosa versorgen [17,23]. Die Blutzufuhr kann während der Verdauung auf 35% steigen oder in Stresssituationen auf 10% der Herzauswurfleistung sinken. Die Durchblutung der Darmmukosa wird hauptsächlich durch muskulös und metabolisch autoregulierte Arteriolen bestimmt. Im Normalzustand sind nur ca. 20% der Arteriolen geöffnet. Dadurch ist es möglich eine ausreichende Durchblutung über einen großen Bereich des systemischen Blutdrucks aufrechtzuerhalten, indem bei Blutdruckabfall weitere Arteriolen geöffnet werden [17]. Ab einem systemischen Blutdruck unter 70 mmHg kann die Versorgung nur noch über eine Erhöhung der im Normalzustand recht niedrigen Sauerstoffextraktion aufrechterhalten werden [89]. Dieser Mechanismus versagt aber bei einem Blutdruck unter 40 mmHg und der Darm wird ischämisch [17].

Die Ischämietoleranz des gesamten Intestinaltrakts beträgt 120-180 Minuten [54]. Aus Ligaturexperimenten, die beginnend in den 60er Jahren vor allen an Hunden durchgeführt wurden, ist folgender Ablauf einer Darmischämie, die plötzlich einsetzt und einen vollständigen Verlust der Durchblutung bedeutet, bekannt: Erste Veränderungen auf zellulärer Ebene beginnen schon 10 Minuten nach Einsetzen der Ischämie [65]. Zuerst setzt eine reflektorische Herabsetzung des Widerstands der Gefäßstrombahn ein, der bei fortdauernder Ischämie bald ein Anstieg des Widerstands durch Vasokonstriktion folgt [13,14,29]. 30 Minuten nach einem kompletten Verschluss des versorgenden Gefäßes tritt eine noch reversible Zellschädigung der Endothelzellen und Enterozyten ein. Nach 30-60 Minuten sind erste Nekrosen an den Zottenspitzen nachweisbar [54]. Hypermotilität ist eine Reaktion des Darms auf die ischämischen Schädigungen. Diese Hypermotilität verursacht die ersten Schmerzen. Die Schmerzreize werden über das autonome Nervensystem geleitet und können als

Eingeweideschmerz nicht genau lokalisiert werden [65]. Eine Schädigung der Muskularis tritt nach 1-2 Stunden auf [54]. Von nun an ist eine Heilung auch nach vollständiger Wiederherstellung der Durchblutung nur noch mit Gewebsschäden möglich. Der Untergang der Muskularis ist mit dem Verlust der Motilität des Darms verbunden. Die Schmerzen klingen vorübergehend ab. Im Endstadium bricht die mukosale Barriere zusammen und die daraus resultierende Hyperpermeabilität ermöglicht die Translokation von Bakterien und Toxinen in die Blutbahn und den Intraperitonealraum, die zu systemischen Reaktionen (Hypotonie, Tachykardie, Erhöhung der Körpertemperatur) und einer Peritonitis führen. Die Schmerzen flammen, nun vom parietalen Peritoneum ausgelöst, wieder auf. Es lassen sich Peritonismus und Abwehrspannung nachweisen [65]. Der Tod tritt bei fortdauernder Darmischämie durch Sepsis und Multiorganversagen nach 12-48 Stunden ein. Die Zeitangaben sind bei unterschiedlichen Schweregraden des Gefäßverschlusses mit unterschiedlichen Kollateralisierungen und der daraus resultierenden Minderversorgung allerdings sehr variabel [74].

Pathologisch werden drei Stadien der Ischämie unterschieden:

In der ersten Phase wird nur die Mukosa betroffen. Es kommt zu Erosionen, Ulzerationen und Nekrosen, die bei Wiederherstellung der Durchblutung vollständig ausheilen.

Die zweite Phase betrifft auch die tiefer gelegenen submukosalen Schichten bis zur Muskularis mucosa. Eine Ausheilung kann durch die Narbenbildung zu fibrotischen Strikturen führen.

In der dritten Phase ist die gesamte Darmwand betroffen, und es kommt zur transmuralen Darmwandgangrän, die chirurgisch angegangen werden muss [107].

Der Abfall des Sauerstoffpartialdruckes in der Darmmukosa löst die anaerobe Glykolyse aus, was zu einem Anstieg des Lactatspiegels im peripheren Blut führt. Es wird irreversibel Xanthinoxidase aus Xanthindehydrogenase gebildet. Diese wandelt Hypoxanthin in Harnsäure um, was über die Produktion von O_2^- und H_2O_2 zu einer verstärkten Bildung des aggressiven freien Radikals ($\bullet OH$) führt [17,101]. Bei einem Wiederanstieg des O_2 Partialdruckes, zum Beispiel durch eine Embolektomie oder Gefäßrekonstruktion, werden verstärkt H_2O_2 und freie Radikale (O_2^- , $\bullet OH$) gebildet, welche die vorgeschädigte Darmmukosa weiter angreifen und zum sogenannten

Reperfusionsschaden führen, bei dem zuerst die Zellwände und später die gesamte Zelle zu Grunde gehen. Weitere Schäden sollen von Leukozyten verursacht werden [65]. Durch die Einschwemmung von toxischen Substanzen sowie aktivierten Leukozyten und Blutplättchen in den systemischen Kreislauf kann es zur Ausbildung eines sogenannten splanchnischen Schocks kommen, der durch Kreislaufversagen und Multiorganversagen letal enden kann [17]. Häufig tritt zusätzlich zur primären Ursache der Darmischämie erschwerend eine allgemeine Vasokonstriktion der Darmgefäße auf, die auch nach Wiederherstellung der Durchblutung das Ausmaß der Schäden vergrößern kann [65]. Diese kann lange über das ischämische Ereignis hinaus wirken. Boley et al. fanden Zeiten von über 8 Stunden [13]. Parks und Granger haben 1986 im Tiermodell gezeigt, dass der Schaden an der Darmmukosa nach drei Stunden Ischämie und einer Stunde wiederhergestellter Perfusion größer sein kann als nach vier Stunden kontinuierlicher Ischämie [65,77]. Die Prognose lässt sich durch die intraarterielle Gabe von Papaverin, das der Vasokonstriktion entgegen wirkt, verbessern [13].

2.3 Klinisches Krankheitsbild

Das typische klinische Erscheinungsbild eines akuten Darmgefäßverschlusses stellt sich folgendermaßen dar: In den ersten 6 Stunden imponiert die Symptomatik eines akuten Abdomens, welche die akute Mangelversorgung mit Hypermotilität begleitet. Ottinger schließt eine akute Ischämie der Arteria mesenterica superior bei Fehlen von Schmerzen aus [73]. Der Schmerz entsteht im viszeralem Peritoneum und wird von vegetativen Nervenzellen geleitet. Deshalb steht die Stärke der angegebenen Schmerzen zum klinischen Bild des „weichen Abdomens“ in einem auffälligen Missverhältnis [12,58,76,80]. Er wird hauptsächlich periumbilikal und im Unterbauch gefühlt, kann aber schwer lokalisiert werden [58,73,80]. Begleitend treten häufig Diarrhö und Erbrechen auf [74]. Darauf folgt ein sogenanntes „stilles Intervall“ (6-12 Stunden), das den Kliniker verleiten kann, eine vermeintliche Besserung anzunehmen [62]. Dieses stille Intervall entspricht dem Untergang der Darmwand mit Verlust der Motilität. Bei Wiedereinsetzen der Beschwerden nach ca. 12 Stunden ist dann, auch wenn eine Wiederherstellung der Perfusion gelingt, nicht mehr mit einer Ausheilung zu rechnen. Der nun vorliegende Peritonismus mit seinem häufig „brettharten“ Bauch wird durch eine Entzündung des viszeralem und parietalen Peritoneums hervorgerufen. Die

Darmwand ist gangränös und die gefühlten Schmerzen werden durch das nun entzündete parietale Peritoneum ausgelöst. Als klinische Begleitsymptome treten Diarrhö, Blähung des Abdomens und Nausea oder Erbrechen auf [59,76]. Diese Phasen können je nach Ausdehnung der Ischämiezone oder Ursache und Ausmaß der Unterbrechung der Blutversorgung sehr individuell verlängert und maskiert werden. Sie können sich bei teilweisen Verschlüssen oder einer nicht-okklusiven Form der Darmischämie über Tage hinziehen, ohne klinisch auffällig zu werden. Der Patient wird erst dann beim Arzt vorstellig, wenn die Phase der Gangrän schon eingetreten ist. Heute kommen durch immer kompliziertere Operationen von immer älteren Patienten vermehrt Darmischämien bei Intensivpatienten vor, die zum Beispiel nach Organtransplantation oder Herzoperationen nicht in der Lage sind, ihre Beschwerden zu schildern. Die Diagnose wird zudem erschwert, weil eine Darmischämie bei diesen Patienten aufgrund von Begleiterkrankungen und Medikamentation sehr untypisch verlaufen kann [27,35]. Böttger et al. konnten 1990 bei keinem ihrer oft verwirrten und alten Patienten den klassischen Verlauf einer Darmischämie erfragen [16].

Nach einer erfolgreichen Revaskularisation wird der Erfolg häufig durch die auftretenden Reperfusionsschäden gemindert. Je später die Wiederherstellung der Gefäßbahn gelingt, um so größer sind die darauf folgenden Schäden [51]. Eine schnelle und sichere Diagnose in den ersten 12 Stunden ist demnach anzustreben, wobei jeder Zeitgewinn die Heilungschancen bedeutend erhöht [51]. Ritz et al. fanden in ihrer Untersuchung, dass nicht das Alter der Patienten ein entscheidender Prognosefaktor ist, sondern die Zeit bis zur Diagnosestellung [83]. Bei einer Diagnosedauer unter 12 Stunden nach Auftreten der Symptome war die Letalität bei über und unter 70jährigen gleich.

Die klinische Triade, die an eine mesenteriale Embolie denken lassen muss, ist: schwere Bauchschmerzen, die mit dem klinischen Befund nicht im Einklang stehen (weiches Abdomen), heftige Darmentleerung und das Bestehen einer möglichen Emboliequelle (Vorhofflimmern).

2.4 Einteilung der Ischämien

Bei einer Darmischämie besteht ein Missverhältnis zwischen der tatsächlichen und der momentan erforderlichen Durchblutung des Darms. Es können isoliert der Dünndarm, der Dickdarm, beide gleichzeitig oder nur Teile betroffen sein. Die Darmischämie kann in ihrer Ausprägung segmental, diffus, die gesamte Darmwand (transmural) oder nur Teile der Darmwand (nur Mukosa oder Submukosa mit oder ohne Beteiligung der Muskularis) betreffend vorkommen. In ihrem Schweregrad reicht sie von einer nur leichten ischämischen Enteritis bis zur fulminanten Gangrän des gesamten Dün- und Dickdarms. Zudem kann sie akut auftreten, sich chronisch entwickeln oder nur bei besonders hohem Perfusionsbedarf nach einer Mahlzeit auftreten.

So vielfältig wie die Ausprägungen der Darmischämie sind auch ihre Einteilungen. Man kann sie entsprechend der betroffenen Gefäße in arterielle oder venöse Ischämien, der Art des Verschlusses in okklusive und nicht okklusive, in akute oder chronische, primäre (nur vaskulär) oder sekundäre (Darmischämie aufgrund einer anderen Ursache) oder nach der Beteiligung der Darmwand als partielle oder transmurale aufteilen. Es hat sich die Einteilung in arterielle Embolien, arterielle Thrombosen, nicht okklusive Formen und venöse Thrombosen durchgesetzt [30,41].

Die beiden akuten Verschlüsse einer Darmarterie werden auch als Darminfarkt bezeichnet. Sie sind mit 50-70% der häufigste Fall einer Darmischämie [58]. Wobei die Embolie und die akute Thrombose in jeweils ca. 50% die Ursache sind [32].

2.4.1 Der embolische Verschluss einer Arterie.

Beim akuten embolischen Verschluss einer Darmarterie ist in häufig (ca. 50% der Fälle) die Arteria mesenterica superior betroffen [41], die wegen ihres spitzwinkligen Abganges aus der Aorta eine Prädilektionsstelle ist. Als bevorzugte Emboliestelle in der Arteria mesenterica superior hat Horton die proximalen 3-10 cm der Arteria mesenterica superior meist distal des Abgangs der Arteria colica media ausgemacht [25,41,73,74]. Der Embolus kommt dabei fast immer aus dem Herzen [30,74] und in der Mehrzahl der Fälle aus dem linken Vorhof bei bestehendem Vorhofflimmern [32]. Je nach Größe des Embolus kann die gesamte Arteria mesenterica superior oder nur eine periphere Aufzweigung verschlossen sein. Je nach Lage des Verschlusses und kollate-

raler Blutversorgung bedingen zentrale Verschlüsse meist ein schwereres Krankheitsbild [73]. Durch die Arkadenform der Dünndarmarterien kann ein Verschluss in der mittleren Etage gut durch die benachbarten Arterien kompensiert werden, während ein peripherer Verschluss durch fehlende Kollateralen zu einer begrenzten, aber dort sehr starken Ischämie führen kann. Ein isolierter Verschluss der Arterie mesenterica inferior kommt selten vor und führt häufig zu leichten oder gar keinen Symptomen [39,60].

2.4.2 Der akut thrombotische Verschluss einer Arterie.

Eine akute Thrombose pfropft sich meist auf eine arteriosklerotisch vorgeschädigte Arterienwand auf. Die Symptome treten im Allgemeinen nicht so akut auf wie bei einer Embolie [58]. Der Thrombus beginnt oft direkt am Abgang der Aorta, wo die Arteria mesenterica superior am häufigsten arteriosklerotisch verengt ist [48,73]. Das führt in vielen Fällen zu einem größeren Ausmaß der Darmischämie als bei einem embolischen Verschluss [17,73,74]. Es müssen 50-80% des Lumens verschlossen sein, bevor Symptome zu erwarten sind [41]. Die Prognose ist durch die oft ausgeprägtere Ischämie und die notwendige komplexe chirurgische Korrektur häufig schlechter als bei einer Embolie [17,25,66,84].

2.4.3 Der akut thrombotische Verschluss einer Vene.

Der akut thrombotische Verschluss einer Vene ist für ca. 5-20% aller Fälle von Darmischämien verantwortlich [58,78]. Hier ist meistens die Vena mesenterica superior betroffen. Als akut wird eine Krankheitsdauer von unter vier Wochen bezeichnet [18]. Man unterscheidet zwischen der primären Thrombose, die idiopathisch und für ca. 25% der Fälle verantwortlich ist, und der sekundären Thrombose, die bei prädisponierenden Faktoren wie Darmverschlüssen, Dehydratation und Hyperkoagulabilität auftritt [30]. Die Patienten sind typischerweise jünger als bei einer arteriellen Genese [18]. Da sich durch den fehlenden venösen Abfluss häufig auch eine arterielle Thrombose bildet, lässt sich der primäre Verschluss bei längerem Bestehen häufig nicht eindeutig bestimmen. Ein transmuraler Infarkt entwickelt sich erst, wenn die Thrombose bis zu den venösen Arkaden und den vasa recta reicht. Anderenfalls ist noch ein ausreichender Abfluss vorhanden [38]. Die Symptome treten nicht so akut auf wie bei einer arteriellen Ursache und können, bevor ein Arzt aufgesucht wird, schon tagelang bestehen [58].

2.4.4 Die nicht okklusive Darmischämie

(NOMI = non occlusive mesenterical ischemia)

Die nicht okklusive Darmischämie hat einen Anteil von 20-30% an allen Darmischämien [41,58,101]. Die Ätiologie der NOMI ist noch nicht geklärt. Ihr Kennzeichen ist der Verlust einer ausreichenden Blutversorgung des Darms bei makroskopisch intakten Arterien (fühlbare Pulsation) durch mikrovaskuläre Vasokonstriktion [43] oder verringerter Herzaufwurfleistung mit resultierender Minderperfusion des Darms [101]. Bei vielen Patienten wird der Medikation (Furosemid, β -Blocker, Ergotamin, Angiotensin II, Katecholamine, Vasopressin, Digitalis, aber auch Kokain) ein entscheidender Beitrag zur Entwicklung einer NOMI zugewiesen [101]. Sie tritt gehäuft bei Intensivpatienten nach kardiochirurgischen Operationen auf [58]. Dies führt zu einer außerordentlich schwierigen diagnostischen Situation, was durch die dadurch bedingte späte Diagnose zu einer hohen Letalität von 60-100% führt [43,74].

2.4.5 Sekundäre Ursachen

Eine Minderdurchblutung des Darms kann auch durch nicht vaskuläre Ursachen verursacht werden. Es kommen Volvulus, Strangulation, Invagination, Tumore, Vaskulitiden, entzündliche abdominelle Prozesse, Traumata, Strahlungsschäden oder Verätzungen vor [81].

2.4.6 Die chronische Darmischämie

Hier verringert sich die arterielle Blutzufuhr des Darms über einen längeren Zeitraum bis zu einem Grad, der ihn zwar lebensfähig hält, die physiologischen Anforderungen bei der Verdauung aber nicht mehr erfüllt [48]. In dieser Situation bilden sich kompensatorisch häufig starke Kollateralkreisläufe, die unter Umständen auch den kompletten Ausfall einer versorgenden Arterie kompensieren können. Die meisten Patienten sind Raucher und ein Drittel der Patienten haben Bluthochdruck, eine koronare Herzerkrankung oder cerebrovaskuläre Erkrankungen [41]. Viele dieser Patienten berichten über postprandiale Schmerzen (angina abdominalis), die, wenn der erhöhte Durchblutungsbedarf wieder nachlässt, nach 1-2 Stunden wieder verschwinden [41]. Häufig ist auch ein Gewichtsverlust zu verzeichnen. Ein Verschluss des Truncus coeliacus liegt bei 75% der Patienten mit einer chronischen

Darmischämie vor. Am zweithäufigsten ist der gleichzeitige Verschluss von Truncus coeliacus und Arteria mesenterica superior mit 11%. Der alleinige Verschluss der Arteria mesenterica superior tritt bei 10% der Patienten auf. Alle weiteren Kombinationen kommen in einer Häufigkeit unter 2% vor, wobei ein isolierter Verschluss der Arteria mesenterica inferior so gut wie nie zu beobachten ist [39]. Die Ursache ist häufig eine arteriosklerotisch vorgeschädigte Arterie. Ein Tumor, ein Aneurysma oder eine Fibrose können auch die Ursache sein. Prädisponierend wirken entzündlich veränderte Gefäßwände wie bei Morbus Raynaud oder Endangiitis obliterans [110]. Aus einer chronischen kann sich jederzeit eine akute Darmischämie entwickeln. Es ist zu beachten, dass fast die Hälfte aller Patienten mit einer akuten Darmischämie anamnestisch Symptome einer unbehandelten chronischen Darmischämie aufweisen [76].

2.5 Historische Entwicklung

2.5.1 Erforschung des Krankheitsbildes

Erste Berichte über Verschlüsse von Eingeweidearterien finden sich in Sektionsberichten bei Antonio Beneviene im 15. Jahrhundert [11,13,39,110]. Dem Heidelberger Anatom Tiedemann gelang es 1843 nach Injektionsstudien an einer Leiche die typischen Kollateralkreisläufe der Arteria mesenterica superior zum Truncus coeliacus über die Arteriae pancreatico-duodenales sowie zur Arteria mesenterica inferior über die Arteria colica media und sinistra zu beschreiben. Der zweitgenannte Umgehungskreislauf wird Riolan-Anastomose genannt und seine Entdeckung fälschlicherweise dem Pariser Anatom Riolan (1580-1657) zugeschrieben, der die Kollaterale zwar beschrieb, aber ihre Bedeutung nicht erkannte [11,13,39].

Im 19. Jahrhundert wurden dann die pathologisch-anatomischen Grundlagen und das Krankheitsbild aus klinischer Sicht erforscht. Virchow untersuchte die Ursachen und Folgen der akuten Gefäßverschlüsse und veröffentlichte 1847 und 1854 eigene Studien [13]. Councilman beschrieb 1894 drei Fälle einer chronischen Ischämie, die durch Verschlüsse der Arteria mesenterica superior ausgelöst wurden [13,26]. Litten begann 1875 mit Ligaturexperimenten an Hunden und bezeichnete als erster die Arteria mesenterica superior bei einem akuten Verschluss als funktionelle Endarterie.

Goodman 1918 und Dunphy 1936 erkannten, dass es sich bei der Angina abdominalis um eine vaskuläre Erkrankung handelt [26]. Schnitzler beschrieb 1901 die klinische Symptomatik der zeitweisen arteriellen Durchblutungsstörung des Darmes [13]. Die Thrombose der Vena mesenterica superior wurde 1935 zuerst von Warren und Eberhard beschrieben [38]. 1958 prägte Mikkelsen den Begriff "angina intestinalis" [13].

In den 30er und 40er Jahren wurden erste Beschreibungen von nicht okklusiven Darmischämien veröffentlicht [13]. Die Erstbeschreibung der „Non occlusiv mesenterical ischemia“ (NOMI) wird allerdings Ende im Jahre 1958 zugeschrieben [31].

2.5.2 Therapie

Erste erfolgreiche Darmresektionen bei Darminfarkten gelangen Elliot 1895 in den USA und Sprengel 1902 in Deutschland [13,39,60,84,110]. Diese Operationen wurden aufgrund der limitierten diagnostischen Möglichkeiten als Probelaaparotomien begonnen, die bei Vorliegen einer Darmischämie mit der Resektion des ischämischen Darmabschnittes beendet wurden. Bei unklarer Symptomatik ist diese Vorgehensweise auch über 100 Jahre später noch eine Option, da ein Abwarten bei vorliegender Darmischämie die Prognose drastisch verschlechtert. 1943 führte Ryvlin erstmals eine Embolektomie der Arteria mesenterica superior zur Wiederherstellung der Durchblutung durch [110]. Manche Autoren erwähnen in diesem Zusammenhang Klass oder Steward et al., die 1951 die ersten Embolektomien, die der Patient überlebte, durchführten [73]. Shaw und Rutledge veröffentlichten 1957 Behandlungskriterien für die Revaskularisierung, die heute noch Gültigkeit haben [13,26]. 1958 gelangen Shaw und Maynard eine erfolgreiche Revaskularisierung bei einer Thrombose der Arteria mesenterica superior [13]. Mikkelsen und Zaro berichteten 1959 von einer Revaskularisation bei angina abdominalis.

Die Therapie der Darmischämie wurde mit der Weiterentwicklung der Gefäßchirurgie immer erfolgreicher. Bei der chronischen Darmischämie wurde 1980 von Uflacker et al. und Furrer et al. die perkutane transluminale Angioplastie als Therapieform eingeführt [34,103]. In letzter Zeit wird auch die Frage diskutiert, ob in besonderen Fällen die komplette Dünndarmresektion mit folgender lebenslanger parenteraler Ernährung nicht eine überlegenswerte Alternative darstellt [51].

2.5.3 Diagnostik

Die Diagnostik beschränkte sich anfangs ganz auf die klinische Untersuchung. 1944 benutzten Rendich und Harrington als erste Röntgenuntersuchungen zur Diagnose der Mesenterialvenenthrombose [13,110]. Ein Nachteil war, dass die röntgenmorphologischen Veränderungen erst auftraten, als die Darmgangrän schon eingesetzt hatte [93]. 1967 verbesserten Aakhus und Braband durch Anwendung der Angiographie die Diagnostik der Darmischämie entscheidend [1]. Erstmals konnte der Gefäßverschluss direkt nachgewiesen werden, und auch die individuelle Anatomie der Gefäße ließ sich zeigen. Schnell wurde die Angiographie zum Goldstandard der Diagnostik bei arteriell bedingten Darmischämien. Boley et al. führten 1973 einen „aggressive roentgenological and surgical approach to acute mesenteric ischemia“ ein, der durch den konsequenten Einsatz der Angiographie die Letalität auf 50% senken konnte [14]. Allerdings hatte die Angiographie den Nachteil der hohen Invasivität. Deshalb wurden weitere Techniken zur Diagnose der Darmischämie gesucht. Swart und Meyer stellten 1974 ein klinisch-radiologisches Konzept zur Diagnostik des akuten Abdomens vor, das klinische und röntgenologische Befunde kombinierte [97]. Das darauf aufbauende Konzept von Beyer und Köster 1985 [10] stützte sich auch hauptsächlich auf die konventionelle Röntgendiagnostik und erwähnt die damals noch recht neue Computertomographie nur als zusätzliche Diagnosemethode bei unklaren Gasansammlungen.

Bis in die 60er Jahre wurde die Diagnose der NOMI erst bei Sektionen gestellt, wenn bei gangränösem Darm kein arterieller oder venöser Verschluss gefunden wurde.

Erst die Einführung des Spiral-CTs und die Weiterentwicklung zum Multidetektor-CT hat die Computertomographie der konventionellen Röntgenaufnahme bei der Diagnose überlegen werden lassen [41]. Mit neueren Aufnahmetechniken und digitalen Aufarbeitungen der gesammelten Daten ist die Computertomographie auf dem Weg, die Angiographie vollständig zu verdrängen. Durch die schnelle Datenakquisition ist es möglich, verschiedene Kontrastmittelphasen mit nur einer Kontrastmittelgabe und auch größere Areale in einem Durchgang darzustellen, was die Gefahr von Fehldiagnosen durch nicht abgebildete Bereiche verringert [36].

2.6 Apparative Untersuchungen

Die Darmischämie tritt häufig unter dem klinischen Bild des akuten Abdomens auf. Zur Diagnosestellung sind deshalb die vielfältigen Differentialdiagnosen des akuten Abdomens mit ihren klinisch oft unspezifischen Ausprägungen zu berücksichtigen. Zur Diagnostik dieser Krankheitsbilder sind die apparativen Untersuchungen unterschiedlich gut geeignet (z.B. die Sonographie für die Cholecystitis, die i.v. Urographie bei Verdacht auf Ureterstein), wobei eine positive Diagnose den diagnostischen Prozess abschließen kann, eine negative Diagnose aber nur sehr selten weiterhilft. Das Mehrschicht-Spiral-CT ist eines der wertvollsten Hilfsmittel in der Diagnostik von Patienten mit akuten abdominellen Schmerzen. Mit seiner Hilfe kann man peritoneale und retroperitoneale Organe in ihrer Beziehung zueinander ohne Behinderung durch Gas oder Körperfett beurteilen [67]. Mit der Anwendung der Kontrastmittelgabe in Bolustechnik lässt sich zum Teil auch eine funktionelle Aussage treffen.

2.6.1 Sonographie

Die Sonographie hat in der Diagnostik von akuten Baucherkkrankungen ihren festen Platz und wird häufig als erstes bildgebendes Verfahren eingesetzt. Ihr Vorteil ist ihre schnelle Verfügbarkeit, die sofortige Beurteilungsmöglichkeit der Befunde, die fehlende Strahlenexposition und die geringe Invasivität. Allerdings ist die Qualität der Ergebnisse sehr vom Untersucher abhängig. Als Duplex-Sonographie durchgeführt können die Aorta und die großen mesenterialen Arterien beurteilt werden. Allerdings ist das Auffinden der Gefäße schwierig [50,101] und der gemessene Blutfluss korreliert schlecht mit dem Grad der Darmischämie [101]. Falls es gelingt, einen Gefäßverschluss einer Mesenterialarterie zu zeigen, kann auf eine weitergehende Diagnostik verzichtet werden. Allerdings sollte wegen einer Sonographie keine Untersuchung mit höherer Sensitivität verzögert werden [28]. Die Darstellung weiterer Zeichen der Darmischämie ist, bedingt durch die schlechte Schallleitung von Luft wegen geblähter Darmschlingen, häufig erschwert [83]. Eine Darmischämie kann sich sonographisch an folgenden unspezifischen Zeichen andeuten: Erweiterte Darmschlingen, ödematös verdickte echoarme Darmwände über 5mm [58,111], verringerte Peristaltik oder Ileus, peritoneale freie Flüssigkeit oder intramurales oder portalvenöses Gas [58]. Eine NOMI lässt sich sonographisch nicht beweisen [28,101].

Obwohl eine Darmischämie durch die Sonographie nur sehr selten sicher diagnostiziert werden kann, liegt ihr Nutzen im Ausschluss oder Nachweis anderer Ursachen des akuten Abdomens [28,58]. Cappel rät von ihr als „non-standard diagnostic test“ ab [21]. Zur Erkennung von Cholecystitis und Choledocholithiasis ist sie die Methode der Wahl [69].

2.6.2 Konventionelles Röntgen

Die Abdomenübersichtsaufnahme war das erste bildgebende Verfahren, das bei der Diagnostik des akuten Abdomens eingesetzt wurde. Sie sollte in zwei Ebenen angefertigt werden, wobei die Aufnahme im Stehen bei nicht stehfähigen Patienten durch die in Linksseitenlage ersetzt werden kann [28,37,67]. Viele schwerkranke Patienten lassen sich nicht im Stehen untersuchen. Daher führte Swart bei allen Patienten standardmäßig eine Aufnahme in Linksseitenlage durch, um damit die größtmögliche Erfahrung und Vergleichbarkeit zu erreichen [97]. Obwohl die Aussagekraft der Abdomenübersichtsaufnahme bei der Darmischämie begrenzt ist, hat sie ihre Bedeutung bei der Ausschlussdiagnose anderer Ursachen des akuten Abdomens, vor allem bei Perforation eines Hohlorgans, Obstruktion oder einem Steinleiden, noch nicht verloren [5,19,58,69,111]. Ihr Vorteil ist die große Verfügbarkeit, die schnelle Durchführbarkeit, die geringen Kosten, die recht geringe Strahlenexposition bei neuen Geräten und die fehlende Invasivität [28,37,67,104,112]. Die Versorgungssituation des Darms lässt sich nicht direkt darstellen, sondern muss aus unspezifischen Zeichen erschlossen werden. Dies erfordert Erfahrung und ein überlegtes und konsistent durchgeführtes Konzept zur Beurteilung der unterschiedlichen radiologischen Zeichen und eine Verknüpfung mit den klinischen Befunden. Ein solches Konzept haben Swart und Meyer 1974 für die diagnostische Beurteilung des akuten Abdomens vorgestellt [97]. Für Swart und Meyer ist als einziges spezifisches röntgenologisches Zeichen der Nachweis freier Luft als Beweis für eine Perforation oder Ruptur des Magen-Darmkanals zu werten. Alle anderen Befunde sind in ihrer Aussagekraft beschränkt und nur in Zusammenarbeit mit dem Kliniker richtig einzuordnen. Die Sensitivität von Sonographie kombiniert mit Röntgen zur Erkennung einer Darmischämie wird mit ungefähr 30% angegeben [50,93].

Als unspezifische Zeichen einer Darmischämie gelten das sogenannte „gasless abdomen“, Darmwandverdickung, fokale submukosale ödematöse Schleimhautverdickungen („Thumb-printing“, seltener „pinky-printing“; thumb: engl. Daumen, pinky: engl. kleiner Finger) [97,111], freie Luft als Zeichen der Perforation des gangränösen Darms [97] und geblähte Darmschlingen mit oder ohne Spiegelbildung [97]. Als spezifischer werden Darmwandverdickung mit Schlingendistanzierung angesehen [10,97]. Als hochgradig verdächtig auf das Vorliegen einer Darmischämie werden die intramurale Pneumatosis und mesenteriale oder portalvenöse Gasansammlung eingestuft [81,97]. Die spezifischen Zeichen kennzeichnen eine Darmwandnekrose und sind deshalb im Frühstadium selten zu finden. Eine Darmischämie lässt sich mit der konventionellen Röntgenaufnahme nicht ausschließen [111]. Ein normales Abdomen-Röntgenbild bei einem Patienten mit abdominalen Schmerzen und geringen klinischen Befunden sollte deshalb an eine Darmischämie denken lassen [97,101]. Eine Untersuchung mit oralem Kontrastmittel ist beim Verdacht auf eine Darmischämie kontraindiziert, da sie eine vielleicht nötige Angiographie erschweren oder sogar unmöglich machen könnte [58].

2.6.3 Angiographie

Die Angiographie ist noch immer der Goldstandard bei der Diagnose der Darmischämie. Ihre Sensitivität liegt bei 87% bis 100% [19,25,50]. Mit ihr ist es möglich, den arteriellen Verschluss direkt zu zeigen [1]. Zusätzlich erlangt man auch Aufschluss über die individuellen gefäßanatomischen Verhältnisse des Patienten. Auch Vasospasmen und verringerte Perfusion lassen sich mit der Angiographie darstellen. Ein weiterer Vorteil ist die direkte Eingriffsmöglichkeit mit vasoaktiven Substanzen in Fällen einer NOMI oder mit dem Versuch einer Lysetherapie bei Thrombosen oder Embolien [1,26].

Die Angiographie sollte als digitale Subtraktionsangiographie (DSA) durchgeführt werden [28]. Zuerst wird ein Übersichtsaortogramm erstellt. Dies verhindert das Übersehen und die mögliche Durchspießung eines sehr proximalen Embolus bei der folgenden selektiven Arteriographie [28]. Sie wird zur Vermeidung von Bewegungsartefakten nach einer Gabe von 20-40 mg Scopolamin durchgeführt [28,101]. Es werden je nach untersuchter Arterie 8-40 ml eines Kontrastmittels mit 3–8 ml/s

verabreicht. Nach dem Nachweis eines Verschlusses (embolisch oder thrombotisch) ist keine weitere angiographische Diagnostik nötig [101]. Ein Embolus erscheint als ein von Kontrastmittel umflossener haubenförmiger Füllungsdefekt, die Thrombose äußert sich als meist stumpfer Abbruch der Kontrastmittelsäule [15]. Zur Erkennung der NOMI werden verschiedene Zeichen angegeben: Verengung einzelner oder mehrerer Äste der Arteria mesenterica superior, abwechselnde Verengung und Erweiterung mesenterialer Äste (Perlschnur, „string of sausage“ sign), Spasmen der mesenterialen Arkaden, verspätete Füllung der intramuralen Gefäße, Reflux von Kontrastmittel in die Aorta und ausgebreitete arterielle Segmente durch Darmblähung [1,15,90]. Zu bedenken ist, dass bei hypotensiven, hypovolämischen oder im Schock befindlichen Patienten immer eine mesenteriale Vasokonstriktion auftritt. Die Diagnose NOMI darf also nur gestellt werden, wenn andere Ursachen der Vasokonstriktion ausgeschlossen wurden und eine entsprechende Klinik vorliegt [58].

Ein großer Nachteil der Angiographie ist die hohe Invasivität und die recht lange Vorbereitungszeit von ca. 30 Minuten [28]. Viele Autoren halten die hohe Anzahl negativer Befunde bei einem aggressiven Einsatz zum frühen Erkennen einer Darmischämie für zu hoch [19]. Ihr Erfolg ist in einem hohem Maße von der Erfahrung und Geschicklichkeit des durchführenden Radiologen abhängig. Da sich die Darstellung hauptsächlich auf die Gefäße bezieht, ist der Ausschluss anderer relevanter Differentialdiagnosen nur sehr beschränkt möglich. Die Angiographie ist eine diagnostische Methode zum direkten Nachweis einer NOMI und zur Planung von rekonstruktiven Maßnahmen bei chronischer Darmischämie äußerst nützlich [28]. Allerdings wird ihre Bedeutung durch die Weiterentwicklung der CT-Angiographie und MRT-Angiographie geringer.

2.6.4 Computertomographie

Die Entwicklung des Spiral-CTs in den 90er Jahren hat die Bedeutung des CTs in der Beurteilung des akuten Abdomens erheblich gesteigert, da es nun möglich war größere Körperabschnitte während einer Kontrastmittelfase abzubilden. Die schnelle Datenakquisition verringert Atem- und Bewegungsartefakte und verbessert durch die Erfassung eines großen Körpervolumens während eines Scans die Beurteilung des Abdomens erheblich [20,47]. Anstatt den Untersuchungstisch mit dem Patienten Stück

für Stück zu bewegen und jeweils eine vordefinierte Schicht zu scannen, wird der Patient in einer kontinuierlichen Bewegung durch das CT geschoben und das entsprechende Volumen während einer einzigen Atempause durchleuchtet. So konnte durch den Wegfall früher häufig wegen Atemartefakten nötiger Wiederholungsuntersuchungen die Strahlenexposition insgesamt gesenkt werden. Die anfallenden Daten lassen sich mit heutiger Computertechnik auf vielerlei zwei- und dreidimensionale Arten darstellen. Die Qualität von CT-Angiogrammen wird heutzutage der von konventionellen Angiogrammen gleichgestellt [42,86]. Bei der Beurteilung von Nierenarterienstenosen ist das CT bei einer Aufarbeitung der Daten zur Darstellung als virtuelles dreidimensionales Bild genauso aussagekräftig wie die digitale Substraktionsangiographie [46].

So wird 1997 die Computertomographie von Gutpa und Dupuy als das „imaging workhorse for evaluation of the acute abdomen“ bezeichnet [37]. Urban und Fishman empfehlen 2000 das CT besonders in Fällen mit unklaren oder sich widersprechenden Befunden als effiziente diagnostische Methode zur Beurteilung von akuten Baucherkrankungen [104]. Diese Einschätzung teilen auch andere Autoren [26,85,98]. Ein Vorteil des CTs ist, dass es zum einen die Ursache der Ischämie zeigen (Thrombus, Embolus, Tumor etc.), zum anderen aber auch die Auswirkungen auf die Darmwand abbilden kann (Ödem, Darmwandverdickung) [42]. Besonders geeignet ist das CT zur Abklärung einer Pankreatitis und Divertikulitis [72,98].

2.6.4.1 Kontrastmittelgabe

Es werden positive und negative Kontrastmittel unterschieden. Positive Kontrastmittel (z.B.: Jod, Barium) sind röntgendicht und ergeben einen höheren Kontrast als das umliegende Gewebe. Negative Kontrastmittel (z.B.: Luft, Wasser) ergeben einen geringeren Kontrast als das umliegende Gewebe. Die Gabe von oralem oder rektalem Kontrastmittel wird kontrovers beurteilt. Die Gabe eines oralen Kontrastmittels ist mit einem Zeitverlust verbunden, was die Anwendung bei vielen Fällen eines akuten Abdomens einschränkt [9,102].

Ein negatives orales Kontrastmittel verbessert durch die Füllung des Darmlumens die Beurteilbarkeit der inneren Darmwand [107]. Es wird die Gabe von 500-1000 ml

Wasser empfohlen [42,104,107]. Der Kontrast lässt sich durch den zusätzlichen Einsatz eines i.v. Kontrastmittels noch steigern [41].

Ein positives orales Kontrastmittel ist zur besseren Darstellung von Obstruktionen geeignet [107]. Bei einer CT-Angiographie sollte wegen der Möglichkeit der Interferenz auf ein positives orales Kontrastmittel verzichtet werden [41,58,104].

Im Falle eines vermuteten Darmverschlusses mit Ischämie, eingeschränkter Nierenfunktion oder starken Elektrolytverschiebungen sollte ganz auf die Gabe von oralem Kontrastmittel verzichtet werden [104,107,113]. Ohne orales Kontrastmittel ergibt in den meisten Fällen die Flüssigkeitsfüllung der Darmschlingen einen ausreichenden negativen Kontrast zur Darmwand [104,113].

Auch die Gabe von rektalem Kontrastmittel (400-800 ml Wasser) wird, allerdings nur von wenigen Autoren, zur Entfaltung der Darmschlingen diskutiert [107]. Andere halten ein rektales Kontrastmittel bei einer Darmischämie wegen der Perforationsgefahr für relativ kontraindiziert [36,102].

Als unabdingbar wird die Gabe eines nichtionischen intravenösen Kontrastmittels angesehen [28,99]. Es sollten 100-150 ml als Bolus mit 2-4 ml/s verabreicht werden [36,104,107]. Die arterielle Phase wird bei Aufzeichnung mit einem Scan-Delay von 20-30 Sekunden (d.h.: die Aufnahme beginnt 20-30 Sekunden nach Beginn der Kontrastmittelinjektion; scan: engl. Aufzeichnung, delay: engl. Verzögerung) und die portalvenöse Phase ab einem Scan-Delay von 60 Sekunden aufgenommen [40]. Es ist strittig, welche Phase die beste Aussage über den Zustand des Darmes erlaubt. Manche Autoren empfehlen die arterielle Phase zur Erfassung des arteriellen Flusses [36,104,107], andere die Anwendung eines Scan-Delays von 60-70 Sekunden während der venösen Phase. Damit ließe sich das Risiko einer falschen Diagnose aufgrund von Unterschieden in der Kontrastmittelanreicherung durch geringen arteriellen Flow verringern [50,101,113]. Außerdem bekomme man besseren Aufschluss über die venösen Verhältnisse, kann andere abdominelle Organe besser befunden und könne noch Aussagen über die arterielle Seite treffen [107].

Nach einer Untersuchung von Horton et al. beginnt bei gesunden Probanden (Nierenspende) nach Kontrastmittelinjektion (150 ml, 3 ml/s) die arterielle Phase nach 30 Sekunden und die portalvenöse Phase nach ca. 60 Sekunden [40]. Es wurde allerdings kein signifikanter Unterschied in der Kontrastmittelanreicherung des Dünndarms in den beiden Phasen gefunden. Der genaue Zeitpunkt der CT-Aufzeichnung scheint demzufolge nicht so wichtig zu sein, wenn er sich in dem Zeitfenster zwischen arterieller und portalvenöser Phase befindet. Deshalb wird in der Charité Campus Mitte ein Scan-Delay von 40 Sekunden bei Kontrastmittelgabe über ZVK und 45 Sekunden bei antecubitaler Kontrastmittelgabe gewählt. Damit ist gewährleistet, dass die CT-Aufzeichnung auch bei den eingeschränkten hämodynamischen Verhältnissen der meist alten und schwer kranken Patienten mit Verdacht auf Darmischämie in dem Zeitfenster zwischen arterieller und portalvenöser Phase liegt.

2.6.4.2 Die Zeichen einer Darmischämie

Die Anzeichen, die im CT auf eine Darmischämie schließen lassen, ähneln denen einer konventionellen Röntgenaufnahme. Sie setzen sich aus radiologischen und angiographischen Zeichen zusammen [24,78].

- Darmwandverdickung:

Sie ist das in der Literatur am häufigsten erwähnte Zeichen [9,24,107,112]. Bei einer Darmischämie ist die Darmwandverdickung meistens symmetrisch und wird ab einer Darmwanddicke über 2-3 mm angenommen [4,8,63,99,111]. Allerdings ist dieser Wert mit der Blähung der Darmschlingen in Beziehung zu setzen und kein absoluter Wert. Da diese Bewertung subjektiv vorgenommen wird, führt sie zu unterschiedlichen Ergebnissen [113]. Das Ausmaß der Darmwandverdickung überschreitet selten 2 cm [41,63]. Allerdings ist die Häufigkeit des Auftretens bei unterschiedlichen Ätiologien der Darmischämie sehr unterschiedlich. Sie wird am häufigsten bei Fällen mit ischämischer Kolitis, venösen Thrombosen oder reversibler Darmischämie gesehen (80-94%) [8,50,99]. Pérez et al. fanden eine Darmwandverdickung in allen Fällen von Darmischämie unterschiedlichster Genese [78], Smerud et al. in 56% aller Fälle [93]. Bei akuten arteriellen embolischen Ischämien ist sie ein seltener Befund und kommt dort nur in ca. 26-38% aller Fälle vor [8,50,99]. Typischer ist hier eher die papierdünne gangränöse

Darmwand [8,50,81,99]. Darmwandverdickungen kommen zudem auch bei entzündlichen Darmerkrankungen, Einblutungen in die Darmwand [64] und Neoplasmen vor und sind somit ein eher unspezifisches Zeichen [33,41,56,63,78,104,107,111].

- Intramurales Gas: (Pneumatosis intestinalis)

Dieses Zeichen gilt als recht spezifisch für eine akute Darmischämie und ist auch gut ohne Kontrastmittelverstärkung zu erkennen [24,81,93]. Es ist allerdings auch bei entzündlichen Erkrankungen zu finden [50]. Bei einer Darmischämie kennzeichnet intramurales Gas das Zusammenbrechen der mukosalen Barriere und ist somit ein Zeichen einer schon beginnenden Gangränisierung [41]. Yamada et al. bewerteten es mit Gas in venösen Gefäßen als Zeichen der Irreversibilität der Darmischämie [112]. Es ist häufig (78%) bei einer transmuralen Ischämie zu sehen, wobei die Schwere der Ischämie mit dem Ausmaß der Pneumatosis korreliert [41,109,112]. Die kleinen Gasblasen sind typischerweise kurvig und bandartig angeordnet [24,33,50,78]. Sie können aber auch als breiter Streifen die Darmwand in zwei Hälften teilen [107]. Pérez et al. fanden intramurales Gas in 80% der Fälle [78]. Für Federle et al. 1983 war es das verlässlichste Zeichen für eine Darmischämie [33]. Intramurales Gas kann durch kleine Gasblasen im Darmlumen, die von intraluminaler Flüssigkeit umgeben sind, vorgetäuscht werden. Diese Konstellation ist aber nur auf der bei der Aufnahme unten liegenden Seite des Darmes zu sehen [63]. In seltenen Fällen kommt intramurales Gas auch idiopathisch oder bei anderen Zuständen vor (graft versus host reaction, AIDS, entzündliche Darmerkrankungen, vorhergegangene Operationen etc. [99,104,107]). Die Verteilung des Gases ist in diesem Fall aber eher großblasig oder zystisch und tritt ohne die anderen Zeichen der Darmischämie auf [24,33,78].

- Gas in mesenterialen Venen oder der Portalvene:

Dieser Befund tritt seltener auf, ist aber charakteristisch für die Darmischämie [93]. Er zeigt eine fortgeschrittene Erkrankung mit Gangrän an [75,78], ist fast immer mit einer Pneumatosis intestinalis zu sehen, kann aber auch isoliert auftreten [109]. Durch die gangränöse Darmwand gelangt Gas in die Blutgefäße und somit in die Portalvenen und Leber [111]. Je ausgedehnter die Verteilung ist, desto schlechter ist die Prognose des Patienten [109,112]. Das Verteilungsmuster unterscheidet sich von Luft in den Gallenwegen durch eine mehr periphere Verteilung

[75,107,112]. In den letzten Jahren wurde auch von Fällen berichtet, bei denen portalvenöses Gas ohne Darmischämie auftraten [33,75,78,107,108]. Die Erkrankungen reichen von graft versus host reaction, abdominellem Trauma, malignem Tumor, Abszess, Magengeschwür, entzündlichen Darmerkrankungen, akuter Pankreatitis und Sepsis bis zu vorausgegangenen Operationen oder Biopsien.

- Homogene Kontrastmittelanreicherung in der Darmwand:

Die Darmwand kann bei einer Darmischämie vermehrt oder vermindert Kontrastmittel anreichern. Macari et al. fanden eine homogene Abschwächung bei 47% aller Fälle [64]. Eine verminderte Kontrastmittelanreicherung wird als Zeichen des Darmwandödems gedeutet und kommt typischerweise bei venösen Verschlüssen vor [107]. Bei einem kompletten Abbruch der Darmdurchblutung gelangt verständlicherweise kein Kontrastmittel in die Darmwand [63]. Balthazar et al. fanden dieses Zeichen in einer Untersuchung 1999 in 61% der Fälle [8], ordneten es aber in einer Veröffentlichung mit Macari 2001 als ungewöhnlich ein [63]. Weitere Differentialdiagnosen sind submukosale Einblutungen oder Hämatome, Neoplasmen, entzündlichen Darmerkrankungen, Narben und Strahlungsschäden [63].

- Zonen unterschiedlicher intramuraler Kontrastmittelanreicherung:

Wenn diese unterschiedlich angereicherten Zonen regelmäßig verteilt sind spricht man von „target image“ oder „double halo sign“. Diese Zeichen sind bei Ischämien, Einblutungen in die Darmwand und Entzündungen im Darm beobachtet worden [63] und treten bei 24%-50% aller Fälle von Darmischämien auf [8,64]. Sie stellen wahrscheinlich intramurale Ödemzonen dar und sind bei Neoplasmen bisher nicht nachgewiesen worden [56,63,78,81]. Klein et al. beschrieben diese Zonen als Areale mit verminderter arterieller Perfusion [50]. Der Nachweis gelingt am besten in der späten arteriellen oder frühen portalvenösen Kontrastmittelphase [63]. Eine völlig unregelmäßige Kontrastmittelanreicherung ist ein Zeichen einer hochgradigen Ischämie oder geht mit einem schnell wachsenden großen Tumor einher, der Ischämien und Nekrosen auslöst [63].

- Geblähte Darmschlingen:

Geblähte Darmschlingen kommen mit 56-91% [4,8,50,93,99,107,112] häufig vor und zeugen von einer Unterbrechung der normalen Peristaltik [41,56,93]. Dies kann seine Ursache in einem Reflex auf die ischämische Situation des Darmes

haben oder durch die transmuralen, dauerhaften ischämischen Schäden der Darmwand bedingt sein [107]. Im Gegensatz dazu zeigen funktionstüchtige Darmschlingen mit ischämischen Bereichen eher einen Spasmus. Dies führt dazu, dass Darmblähungen bei partiellen oder reversiblen Ischämien seltener sind (40%) [8,50,99]. Eine Darmblähung wird angenommen bei einem Durchmesser des Dünndarms von mehr als 2,5 cm und des Dickdarms von mehr als 8 cm [99].

- Flüssigkeitsgefüllte Schlingen:

Die geblähten Darmschlingen sind häufig mit Flüssigkeit gefüllt. Es handelt sich dabei um Darmwandexsudat oder seltener Blut, das aus der ischämischen Darmwand stammt [41].

- Flüssigkeit im Mesenterium:

Wenn mesenteriale Flüssigkeit neben verdickten und oder geblähten Darmschlingen vorkommt, ist sie ein Zeichen einer Darmischämie mit schlechter Prognose [107,113].

- Freie intraperitoneale Flüssigkeit:

Sie zeigt eine Perforation oder Peritonitis an und somit ein schwereres Krankheitsbild [24,81,107]. Im Verbund mit Flüssigkeit im Mesenterium und „mesenteric fat stranding“ ist dieses Zeichen recht spezifisch für eine Darmischämie [113]. Balthazar et al. sahen es in 37% der Fälle [8].

- Direkter Nachweis eines arteriellen Verschlusses:

Hierbei sind im CT plötzliche Abbrüche der Arterien oder auch Aussparungen im Gefäß als Zeichen eines Embolus oder Thrombus zu sehen [33]. Nozaki et al. beschrieben einen Thrombusnachweis in der Arteria mesenterica superior ohne Kontrastmittelgabe allein durch die höhere Dichte des Embolus analog der frühen CT-Funde bei cerebralen Ischämien der Arteria cerebri media [71].

- Direkter Nachweis einer Venenthrombose:

Die thrombosierte Vene ist im Vergleich zu anderen Venen vergrößert. Die Wand grenzt sich scharf gegenüber der Umgebung ab und unter Umständen lässt sich der Thrombus nach Gabe eines i.v. Kontrastmittels als zentrale Dichteverminderung im Gefäßlumen darstellen [111].

- Infarkt anderer abdomineller Organe:

Ungefähr 20%-50% der Patienten, die ein thrombembolisches Geschehen erleiden, haben auch Embolien in anderen Organen (z.B.: Milz, Leber) [112].

- Indirekte Zeichen der Darmischämie:

Dies sind radiologische Hinweise auf einen Zustand, der eine Darmischämie auslösen kann, wie Hypovolämie, Strangulation oder Volvulus einer Darmschlinge oder Hernie.

Die heutige Möglichkeit der 3-D-Darstellung der mesenterialen Gefäße ermöglicht eine der Angiographie ähnliche Beurteilung der Gefäßsituation und kann so eine Diagnose der NOMI ermöglichen, wobei die computergenerierte Darstellung den Vorteil der Betrachtung aus allen möglichen Winkeln bietet [41]. Allerdings fordern einige Autoren, dass bei Verdacht auf eine NOMI ohne Zeitverzögerung eine Angiographie angestrebt werden soll [101].

Ein Vorteil des CTs ist sicherlich, dass sich mit seiner Hilfe fast alle wichtigen Differentialdiagnosen der Darmischämie zeigen oder ausschließen lassen und das Verfahren nahezu überall und jederzeit einsetzbar ist. Allerdings besteht ein Dilemma fort: auch im Mehrschicht-Spiral-CT sind die häufigen CT-Befunde eher unspezifisch und die spezifischen eher selten [107].

2.6.5 Kernspintomographie (MRT)

Auch die Kernspintomographie kann die abdominalen Gefäße darstellen. Mit der Einführung des kontrastverstärkten MRT in Verbindung mit kurzen Scan-Zeiten wurden die Atemartefakte drastisch reduziert. Im Grundsatz ähnelt die Vorbereitung und Durchführung der Aufnahme dem CT. Es wird ein intravenöses Kontrastmittel verabreicht und Aufnahmen der arteriellen und oder venösen Phase durchgeführt [28]. Als Kontrastmittel wird meist Gadolinium-DTPA in einer Dosierung von 0,1-0,2 mmol GD/ kg Körpergewicht verwendet, was mit 1-5 ml/s injiziert wird [106]. Die Datenaufarbeitung kann Bilder erzeugen, die der Angiographie ähneln. Verglichen mit CT und Sonographie braucht das MRT mehr Zeit (30 Minuten für das MRT, 10-15 Minuten für das CT, 10 Minuten für die Sonographie [28]), ist sehr teuer und erbringt nicht mehr diagnostische Klarheit [101]. Zudem erschwert die geringe Verfügbarkeit und die limitierte Anwendbarkeit bei klaustrophobischen Patienten oder Patienten mit

Herzschrittmachern ihre Verwendung als Standarddiagnoseinstrument. Da eine Darmischämie häufig bei älteren Patienten auftritt, sind die beiden letztgenannten Erschwernisse besonders gravierend. Auch erschwert der erhöhte Kooperationsbedarf beim MRT die Erstellung artefaktfreier Bilder bei diesen Patienten [28]. Als ein großes Hemmnis beim Einsatz des MRT als Notfallinstrument zeigt sich die mangelnde Verfügbarkeit an ausgebildetem Personal außerhalb der regulären Dienstzeiten [28].

2.6.6 Weitere Untersuchungen

2.6.6.1 Szintigraphie

Es wurden einige Radionukleotide zur Erkennung der Darmischämie erprobt. Dazu gehören ^{99m}Tc Pyrophosphat, mit ^{99m}Tc -Schwefel markierte Leukozyten, mit ^{99m}Tc markierte Albumin-Mikrokügelchen, ^{99m}Tc Methyldiphosphonate (TMDP), intraperitoneal verabreichtes ^{133}Xe , mit ^{111}In oder ^{99m}Tc markierte monoklonale Blutplättchen-Antikörper [53,111] und mit ^{111}In markierte Leukozyten [65,70]. Allerdings hat sich bis heute kein Verfahren trotz teilweise guter Laborerfolge klinisch durchgesetzt.

2.6.6.2 Laparoskopie

Dieses Verfahren ermöglicht die direkte Beurteilung des Mesenteriums und der Darmserosa. Die Schwierigkeit besteht darin, vom äußerlichen Aspekt auf die Durchblutung der Darmmukosa zu schließen. Dieses Verfahren wird bei Patienten auf Intensivstationen, die nicht transportfähig sind, angewendet oder auch als schonender Ersatz der „second look“ Operation genutzt [35,57]. Bei der Anlage des Pneumoperitoneums besteht bei einem Anstieg des intraperitonealen Drucks über 20 mmHg die Gefahr, die Darmdurchblutung zusätzlich einzuschränken [53].

2.6.6.3 Endoskopie

Die endoskopische Betrachtung der Darmschleimhaut kann eine Darmischämie nicht immer beweisen, aber die gleichzeitig mögliche Biopsie kann zur Klärung anderer Differentialdiagnosen beitragen [65]. Auch hier ist der bei der Untersuchung auftretende Druckanstieg eine mögliche Ursache für eine weitere Verschlechterung der Darmdurchblutung. Die Gefahr der Perforation besteht besonders bei

gangränösem Darm. Deshalb ist die Endoskopie bei diesem Befund sofort abubrechen [65]. Allerdings kommt dieses Verfahren nicht bei der akuten Darmischämie zur Anwendung, sondern eher bei der Diagnose einer chronischen Ischämie oder einer leichten Form einer ischämischen Kolitis. Ein weiteres Hindernis ist die schwierige Erreichbarkeit des Dünndarms, der am häufigsten betroffen ist [53,58]. Die Endoskopie kann mit der Tonometrie, Spektrophotometrie, Laser-Doppler-Flussmessung und der Gabe von Fluoreszin kombiniert werden [53].

2.6.6.4 Endoluminale Laser Doppler Flussmessung

Durch die Bewegung der Erythrozyten wird die Frequenz des von einem monochromatischen Laser ausgesandten Lichts bei Reflexion verändert (Doppler-Effekt). Diese Änderung ist direkt mit der mukosalen Perfusion verknüpft. Probleme sind die schwierig zu vermeidenden Bewegungsartefakte und große Variabilität in den Messungen. Die erforderlichen kleinen Katheter lassen sich in mittleren und distalen Abschnitten des Dünndarms nicht verwenden [101].

2.6.6.5 Analyse der Peritonealflüssigkeit

Die durch Parazentese und Lavage gewonnene Peritonealflüssigkeit wird auf Leukozyten, Bakterien, Lactatdehydrogenase, Aldolase, alkalische Phosphatase oder Lactat untersucht. In Tiermodellen fanden sich Anstiege der Werte von 30 Minuten bis 8 Stunden nach Beginn der Darmischämie. Allerdings fehlen klinische Studien, die dieses Verfahren validisieren [53].

2.6.6.6 Tonometrie

Mit diesem Verfahren wird mit Hilfe eines Katheters über eine semipermeable Membran der CO₂-Partialdruck im Darmlumen gemessen und damit der intramurale pH-Wert ausgerechnet, der linear mit der Durchblutung der Darmschleimhaut korreliert ist. Man kann somit indirekt ein Maß für die Stoffwechsellage in der Darmschleimhaut ermitteln [53]. Dieses Verfahren hat keine klinische Bedeutung.

2.7 Laborparameter

Bis heute wurde noch kein spezifischer Marker gefunden, der eine Darmischämie zuverlässig anzeigt [53]. Die meisten Marker zeigen den schon stattfindenden Untergang der Darmschleimhaut an und somit, dass der Zeitpunkt für eine frühzeitige Therapie schon verstrichen ist [19]. Unter den vielen Laborparametern wurden die folgenden vier bei unserer Untersuchung erfasst:

2.7.1 Leukozyten

Die Anzahl der Leukozyten im Blut ist ein sehr unspezifischer Laborparameter, der bei einer Fülle von Erkrankungen erhöht ist. Da die Leukozytenzahl bei vielen Erkrankungen, die das Erscheinungsbild des akuten Abdomens zeigen, erhöht ist, ist sie als differentialdiagnostisches Kriterium nicht brauchbar. Eine normale Leukozytenzahl schließt eine Darmischämie nicht aus, macht sie aber weniger wahrscheinlich [53]. Allerdings sollte bei einer erhöhten Leukozytenzahl in Verbindung mit erhöhtem Lactat an eine Darmischämie gedacht werden.

2.7.2 Lactat

Lactat, das Salz der Milchsäure, ist ein Produkt der anaeroben Glykolyse. Die Glykolyse verläuft unter aeroben und anaeroben Bedingungen bis zur Stufe des Pyruvats gleich. Pyruvat kann auf drei Wegen abgebaut werden, wovon einer nur in Mikroorganismen vorkommt, wobei als Endprodukt Ethanol entsteht (alkoholische Gärung).

Dem menschlichen Organismus steht der aerobe und anaerobe Stoffwechselweg offen. Unter aeroben Bedingungen wird das Pyruvat durch die Pyruvat-Dehydrogenase unter Abspaltung von CO_2 oxidiert und Acetyl-Coenzym A gebildet, das im Citrat-Zyklus weiter verstoffwechselt wird. Unter anaeroben Bedingungen wird Lactat durch Reduktion des Pyruvats gebildet. Dabei wird Wasserstoff von NADH auf Pyruvat übertragen und das resultierende NAD^+ steht dann wieder zur Oxidierung in der Glykolyse zur Verfügung. Dieser anaerobe Stoffwechselweg ist bei weitem weniger effektiv als der aerobe (anaerob: 2 Mol ATP aus 1 Mol Glukose; aerob: 38 Mol ATP aus 1 Mol Glukose). Er wird beim Menschen in Geweben, die eine schlechte Sauerstoffversorgung haben (Retina, Knorpel) und bei reifen Erythrozyten, die keine

Mitochondrien besitzen, genutzt. Außerdem ist die anaerobe Glykolyse Energie-lieferant bei kurzen starken Muskelbeanspruchungen, bei denen die Sauerstoff-versorgung nicht gewährleistet werden kann. Die durch die Bildung von Lactat eingegangene sogenannte Sauerstoffschuld wird dann in der Erholungsphase durch Neubildung von Glukose aus Lactat in der Leber (Cori-Zyklus) wieder eingelöst. Unter den anaeroben Bedingungen, die während einer Darmischämie im Darm herrschen, wird verstärkt Lactat gebildet. Das führt zu einem Anstieg der Lactatkonzentration auch im peripheren Blut [45,54,55].

1984 haben als erste Jända et al. bei der Suche nach einem Marker für die Darmischämie eine erhöhte Lactatkonzentration im Blut beschrieben [45]. Lange untersuchte 5 Jahre später 1989 [54] und in einer prospektiven Studie mit Jäckel 1994 [55] die Lactatkonzentrationen im Blut bei unterschiedlichen akuten Baucherkrankungen. Er schlussfolgerte aus diesen Untersuchungen, dass das Blutlactat aus unterschiedlichen Gründen erhöht sein kann und deshalb nicht als Leitmarker bei intestinaler Ischämie verwendet werden kann. Ein erhöhter Lactatwert sei allerdings immer eine dringliche Laparotomieindikation, ein normaler Lactatwert schließe einen Darminfarkt aus. Da Lactat physiologisch in der Leber abgebaut wird, kann es bei den Frühformen der Darmischämie zu einem noch normalen Lactatwert im peripheren Blut kommen. Zudem steigt der Lactatwert bei allen Formen der Gewebsischämie an, und ist nicht spezifisch für die Darmischämie [65]. Bei einer Erhöhung der Herzenzyme sollte bei einem zusätzlich erhöhten Lactatwert nicht nur an einen Herzinfarkt, sondern auch an eine Darmischämie gedacht werden. Smith et al. empfehlen in ihrer prospektiven Studie 2001 [94] ein Lactat von $>1,5 \text{ mmol/l}$ ($>13,51 \text{ mg/dl}$) als prognostischen Marker für Hochrisikopatienten.

Demzufolge ist das Blutlactat eine differentialdiagnostisch wertvolle Entscheidungshilfe bei der Beurteilung der Operationsindikation beim akuten oder unklaren Abdomen. Vor allem als Verlaufsparemeter und Entscheidungshilfe zur „second look“ Operation ist das Serumlactatmonitoring als etabliert anzusehen [27,45].

2.7.3 D-Dimere

Der fibrinolytische Marker D-Dimer wird bei der Diagnostik von tiefen Beinvenenthrombosen und Lungenembolien verwendet. Das fibrinolytische System

wird bei einer arteriellen Thrombembolie aktiviert und AT III und D-Dimere steigen in ihrer Serumkonzentration an. Acosta et al. untersuchten 2001 in einer prospektiven Studie [2], ob sich dieser Marker auch zur Diagnose einer arteriellen Thrombembolie der Arteria mesenterica superior nutzen ließe. Zwar lag die Sensitivität des Tests bei 100%, aber es wurde nur eine Spezifität von 38% beobachtet. Seine Schlussfolgerung lautete, dass ein erhöhter D-Dimer-Spiegel eine wichtige Hilfe zur Erkennung einer Darmischämie sein könne, aber noch größere Studien erforderlich seien.

2.7.4 Base excess

Der Base excess (Basenüberschuss, BE) zeigt die Menge an Base in mmol an, die benötigt wird, um einen Liter arterielles Vollblut auf einen pH von 7,40 zu titrieren. Die Probe hat dazu eine Temperatur von 37°C, einen PaCO₂ von 40 mmHg und eine Sauerstoffsättigung von 100%. Ein negativer Base excess zeigt somit eine metabolische Azidose an. Ein Base excess von <-4 mmol/l wird von Smith et. al. [94] als negativer prognostischer Faktor für den Erfolg einer intensivmedizinischen Behandlung gewertet. Es gibt unterschiedliche Ergebnisse, ob diese Störung hilfreich bei der Diagnose einer Darmischämie ist [53].

2.7.5 Weitere Laborparameter

In dem Bemühen einen spezifischen und frühen Laborparameter zu finden, der mit der Darmischämie verknüpft ist, wurden diverse Marker untersucht. Die folgenden wurden in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt.

2.7.5.1 Serum D-Lactat

Ein Metabolit, der nur in Bakterien vorkommt und bei Degradierung der mukosalen Barriere durch die Darmischämie verstärkt in die Blutbahn gelangen kann. Da die menschliche Leber D-Lactat nicht abbauen kann, unterliegt dieser Marker keinem First-Pass Effekt. Das macht ihn zu einem vielversprechenden Marker, der sich allerdings klinisch noch beweisen muss. Auch zeigt er die Ischämie erst an, wenn die Darmwand schon schwer geschädigt ist [65].

2.7.5.2 Serumphosphat

Serumphosphat liegt ca. 2-4 Stunden nach Beginn einer Darmischämie in erhöhter Konzentration in Blut und Urin vor. Der erhöhte Serumspiegel soll ein Zeichen des massiven Zelltodes und einer schlechten Prognose sein [53]. Nach ca. 6 Stunden normalisiert sich das Phosphat, auch wenn die ischämische Situation weiterbesteht. Durch die Möglichkeit der falsch negativen Beurteilung nach 6 Stunden ist die Brauchbarkeit dieses Markers stark eingeschränkt. Allerdings steigt er schon kurz nach Beginn der ischämischen Phase an und könnte eine frühe Therapie ermöglichen bevor die Schädigung der Darmwand irreversibel wird. Als diagnostischer Marker hat sich das Serumphosphat aber nicht bewährt [53].

2.7.5.3 Intestinal Fatty Acid-Binding Protein

Kanda et al. veröffentlichten 1996, dass dieses Protein aus Enterozyten bei 5 von 5 Fällen einer Darmischämie erhöht war (Sensitivität 100%). Bei den Fällen mit einer Strangulationen des Dünndarms war der diagnostische Erfolg allerdings nicht so groß, was an der Länge des infarzierten Darms oder dem gedrosselten venösen Rückstrom gelegen haben könnte [49]. Es fehlen weitere Studien.

2.7.5.4 Kreatin-Kinase

Als vielversprechend zeigte sich in Tierexperimenten mit Hunden in den 70er Jahren das Isoenzym CK-BB, das vermehrt in der glatten Muskulatur vorkommt. Allerdings zeigten spätere Studien, dass die Sensitivität und Spezifität dieses Parameters nicht ausreichend sind [53].

2.7.5.5 Andere

Weitere Parameter, die als Marker für die Darmischämie untersucht wurden, sind: Alkalische Phosphatase, Lactatdehydrogenase, Aspartattransferase, Diaminoxidase, Hexosaminidase, β -Galactosidase, Kreatinphosphokinase. Leider hat sich bei keinem dieser Parameter die Hoffnung auf einen frühen und sensitiven Marker, dessen routinemäßige Bestimmung in einer Notfallsituation sinnvoll und durchführbar ist, erfüllt [53,65,100].

2.8 Therapie

Die Therapie besteht zuerst in der möglichst schnellen Wiederherstellung der Durchblutung des betroffenen Darmabschnittes. Systemisch muss ein ausreichendes Blutvolumen sichergestellt werden, was über ein intensives hämodynamisches Monitoring überwacht wird. Zusätzlich kann eine Antikoagulation mit Heparin durchgeführt, und es können prophylaktisch Antibiotika gegeben werden [32]. Falls diese Maßnahmen nicht ausreichen, ist ein chirurgisches Eingreifen indiziert. Für die Gefäßrekonstruktion stehen Endarteriektomie, Thrombektomie, perkutane transluminale Angioplastie oder auch Gefäßersatz zu Verfügung. Bei einem längeren Andauern der Darmischämie werden Teile des Darmes gangränös. Diese müssen reseziert werden. Dabei wird angestrebt, möglichst wenig Darm zu entfernen. Allerdings besteht dadurch die Gefahr, einen Darmabschnitt mit unklarer Versorgungssituation und Prognose zu belassen, der dann im weiteren Verlauf der Erkrankung gangränös werden und die Prognose des Patienten verschlechtern kann. Eine Möglichkeit dem zu begegnen besteht darin, die verbliebenen Darmabschnitte als Enterostomien durch die Bauchdecke zu führen und sie später wieder zu verbinden und zurückzuverlegen. Diese Methode hat den Vorteil, dass die Vitalität der verbliebenen Darmabschnitte direkt beurteilt werden kann [62]. Bei guter Durchblutung kann die Kontinuität des Darms auch sofort wiederhergestellt werden. Häufig wird nach 8-12 Stunden eine „second look“ Operation durchgeführt, um die Durchblutung und Vitalität des verbliebenen Darms zu beurteilen [62,61], wobei manche Autoren die Zeit bis zu 24 Stunden [58,76] oder sogar 36 Stunden [73] ausdehnen. Bei einer Mesenterialvenenthrombose kann auch eine systemische Lysebehandlung eine Methode der Wahl sein [41].

Bei einer frühzeitigen Diagnose der NOMI, bevorzugt durch eine Angiographie [27], ist die Therapie der Wahl nicht chirurgischer Natur, was sie von den anderen Darmischämieformen unterscheidet. Nach der Diagnosestellung wird versucht die mikrovaskuläre Vasokonstriktion über den liegenden Angiographiekatheter mit vasoaktiven Substanzen wie Papaverin oder Prostaglandinen zu überwinden und eine ausreichende Perfusion des Darms wiederherzustellen [26]. Ansonsten ist die Therapie konservativ mit Nahrungskarenz, intravenöser Ernährung und antibiotischer Abdeckung. Wenn die Erkrankung schon zu gangränösen Darmabschnitten geführt hat müssen diese chirurgisch wie bei den okklusiven Formen der Darmischämie angegangen werden.

3 Material und Methoden

3.1 Patienten

Für diese Untersuchung wurden alle Patienten erfasst, bei denen vom 1.1.2000 bis zum 31.12.2002 in der Charité Berlin Campus Mitte eine CT-Untersuchung im Mehrschicht-Spiral-CT mit der Verdachtsdiagnose Darmischämie durchgeführt wurde. Dabei wurde nicht zwischen einer Dünndarm- und Dickdarmischämie unterschieden.

Das Mehrschicht-Spiral-CT wurde am 1.1.2000 in der Charité Campus Mitte eingeführt. Weil das Gerät erweiterte Untersuchungs- und Darstellungsmöglichkeiten zu den vorherigen Geräten bietet, wurde auch die zeitliche Entwicklung der Untersuchungen, die das Mehrschicht-Spiral-CT zur Klärung von Darmischämien durchführte, untersucht. Damit konnte erfasst werden, ob sich die Genauigkeit der Erkennung der Darmischämie mit zunehmender Erfahrung verändert hat.

3.2 Erfassungsmethode

Im EDV-System der Radiologischen Abteilung der Charité wurden die CT-Befunde im entsprechenden Zeitraum anhand einer Volltextrecherche nach Schlüsselwörtern durchsucht.

Aus dem erhaltenen Datenpool wurden die Patienten entfernt, bei denen bei der Befundung die Versorgung des Darmes oder der Zustand der Darmgefäße nur der Vollständigkeit halber erwähnt wurde, und die Untersuchung eine andere Zielsetzung als die Erkennung einer Darmischämie hatte.

Um eine vollständige Erfassung zu gewährleisten, wurden zusätzlich folgende Recherchen durchgeführt:

- In der Datenbasis der Chirurgischen Abteilung des Hauses wurde nach Patienten gesucht, die am Aufnahmetag oder am darauf folgenden Tag operiert wurden.
- Im EDV-System der Pathologischen Abteilung des Hauses wurde nach Patienten gesucht, die bei einer Sektion oder einer sonstigen pathologischen Untersuchung das Bild einer Darmischämie zeigten.

- Im Datenbestand der Patientenverwaltung wurde nach Patienten gesucht, die während ihres Aufenthaltes in der Charité eine der folgenden Diagnoseschlüssel (ICD-10 SGB V, Version 2.0) in ihrer Dokumentation aufwiesen:
R 10.0 (akutes Abdomen)
R 10.4 (unklares Abdomen)
K 55.0 (akute Gefäßkrankheiten des Darmes)
K 55.1 (chronische Gefäßkrankheiten des Darmes)
K 55.8 (sonstige Gefäßkrankheiten des Darmes)
K 55.9 (Gefäßkrankheiten des Darmes, nicht näher bezeichnet)

Bei den durch diese zusätzlichen Recherchen gefundenen Patienten wurde anhand des EDV-Systems der Radiologischen Abteilung festgestellt, ob bei ihnen eine Mehrschicht-Spiral-CT-Untersuchung des Abdomens durchgeführt wurde, und gleichzeitig der Verdacht auf eine Darmischämie vorlag.

Bisweilen ergab sich aus den vorliegenden Daten nicht eindeutig, ob die CT-Untersuchung tatsächlich wegen des Verdachts auf eine Darmischämie erfolgt war. Dann wurde anhand der im zentralen Computersystem der Charité gespeicherten Krankengeschichte des Patienten und den dort vorgefundenen Arztbriefen, Befunden und Diagnosen entschieden, ob die CT-Untersuchung tatsächlich zur Klärung der Verdachtsdiagnose einer Darmischämie durchgeführt wurde. Wenn sich auch damit keine eindeutige Aussage über die Fragestellung der CT-Untersuchung treffen ließ, wurde im Archiv die Original-Krankenakte eingesehen und die Entscheidung getroffen.

3.3 Einteilungen und Kriterien

Es wurden folgende Parameter erfasst:

- Geschlecht und Alter der Patienten
- Zeitpunkt (Datum, Uhrzeit) der Untersuchung mittels CT, konventionellem Röntgen und Sonographie
- Befund der jeweiligen Untersuchung
- Der Operationstermin, wenn diese Operation mit der Verdachtsdiagnose im Zusammenhang stand

- Pathologische Befunde (Resektionsmaterial und Sektionen)
- Der Todeszeitpunkt, wenn der Patient während des stationären Aufenthaltes starb
- Laborwerte für Lactat, D-Dimere, Base excess und Leukozytenzahl am Tag der CT Untersuchung

Bei mehreren Laborbefunden an einem Tag wurde der Wert übernommen, der der CT-Untersuchung zeitlich direkt voranging.

Normalwerte:	Lactat:	6,0 - 10,0	mg/dl	(Diese Einheit wurde gemessen)
		0,67 - 1,11	mmol/l	(Umrechnung: mmol/l x 9,008 = mg/dl)
	Leukozyten:	3,1 - 9,5	G/l	
	D-Dimere:	< 0,5	mg/l	
	Base excess:	- 2 - + 3	mmol/l	

Um die Patienten in die unten beschriebenen Gruppen einzuteilen, wurden folgende Kriterien angewandt:

Eine Ischämie galt nur dann als im CT erkannt, wenn im Befund eindeutig eine Ischämie eines Darmabschnittes erwähnt wurde. Alle anderen Ausdrücke wie Minderperfusion, Verdacht auf Ischämie, dringender Verdacht auf Ischämie, fragliche Ischämie, Verdacht auf Pneumatosis etc. wurden als unklare Diagnose gewertet. Es war in 29 Fällen nicht möglich mit dem aufgefundenen Befund eine eindeutige Zuordnung in eine der unten aufgeführten Gruppen zu erreichen. Diese Fälle wurden von einem Oberarzt ohne Kenntnis des Vorbefundes erneut befundet. Dieser Befund wurde dann anstelle des Originalbefundes für die Einteilung verwendet.

Die Entscheidung, ob ein Patient tatsächlich eine Ischämie hatte oder nicht, wurde durch einen entsprechenden pathologischen Befund (Resektionsmaterial oder Sektion) entschieden. In den Fällen, bei denen kein pathologischer Befund erhoben wurde oder dieser nicht aufzufinden war, wurde der OP-Bericht herangezogen und dieser Befund als endgültige Diagnose gewertet.

Fälle, bei denen weder im pathologischen Befund noch im OP-Bericht eine eindeutige Diagnose zu finden war, wurden bei dieser Untersuchung nicht berücksichtigt.

Zur Auswertung wurden die Patienten in folgende Fallgruppen eingeteilt:

- Ischämie: (abgekürzt: „I“)
Der Patient hatte eine Darmischämie und diese wurde im CT auch richtig erkannt.
- Keine Ischämie: (abgekürzt: „KI“)
Der Patient hatte keine Darmischämie, was im CT richtig erkannt wurde.
- Unklar - Ischämie: (abgekürzt: „UI“)
Der Patient hatte eine Darmischämie, im CT ließ sich keine klare Aussage treffen.
- Unklar - keine Ischämie: (abgekürzt: „UKI“)
Der Patient hatte keine Darmischämie, im CT ließ sich keine klare Aussage treffen.
- Falsch positiv: (abgekürzt: „FP“)
Der Patient hatte keine Darmischämie, die allerdings im CT fälschlich diagnostiziert wurde.
- Falsch negativ: (abgekürzt: „FN“)
Der Patient hatte eine Darmischämie, die im CT nicht diagnostiziert wurde.

Für den Vergleich der Untersuchungsergebnisse von Ultraschall, Röntgen und Computertomographie wurden nur Untersuchungen berücksichtigt, die innerhalb von 24 Stunden um die fragliche CT-Untersuchung stattfanden.

3.4 Apparative Untersuchung

Für alle CT-Untersuchungen wurde ein Mehrschicht-Spiral CT, Aquilion, Toshiba Medizinsysteme, Neuss mit 4 oder 16 Zeilen benutzt.

Bei allen Untersuchungen wurden 120-140 ml eines intravenösen Kontrastmittels als Bolus mit 3 ml/s verabreicht. Zweimal betrug die verabreichte Menge Kontrastmittel nur 80ml und einmal 160 ml.

Insgesamt handelte es sich 41-mal um Ultravist® 370, 7-mal um Xenetix® 300, 6-mal um Ultravist® 300, 3-mal um Optiray® 320 und 55-mal konnte das verwendete Kontrastmittel nicht mehr bestimmt werden.

Als Standard-Einstellungen für alle Abdomen-CTs wurden an der Charité Berlin folgende Parameter benutzt:

- Schichtdicke: 1 mm
- Pitch: bei 16 Zeilen 23:16
bei 4 Zeilen 5,5:4
- Rotationszeit Gantry: 0,5 s
- Energie: 120 kV, 170 mA,
entspricht bei 0,5s Rotationszeit 85 mAs
- Scan-Delay: 45 s bei antecubitaler Kontrastmittelgabe
40 s bei Kontrastmittelgabe über ZVK } siehe S. 22
- Rekonstruktionsintervall: 0,8 mm
- Dickschichtrekonstruktion: 5 mm im 4 mm Intervall
- Dokumentation: Film 35 cm x 43 cm, Trockenlaser
- Sekundär-Reformation: Koronal 5mm Maximum-Intensitäts-Programm (MIP)/Average und gezielte multiplanare Rekonstruktion (MPR)

3.5 Statistische Auswertung

Die für die Auswertung relevanten Daten wurden auf einem Personal Computer erfasst. Die statistischen Analysen und graphischen Darstellungen wurden mit der Software Excel 2000 (Microsoft®) oder mit Hilfe des Programms GraphPad InStat® Version 3.05 for Windows 95/NT (GraphPad Software, San Diego, California, USA) erstellt.

Zuerst wurden deskriptive Statistiken erstellt. Bei den Laborparametern wurde keine Normalverteilung der Werte angenommen. Zum statistischen Vergleich wurde der Mann-Whitney-U Test verwendet. Bei allen statistischen Berechnungen wurde das Signifikanzniveau bei $p < 0,05$ festgelegt.

Die Überlebenswahrscheinlichkeit wurde nach der Methode von Kaplan und Meier berechnet. Ein statistischer Vergleich der Überlebenswahrscheinlichkeiten wurde mittels des Log-Rank Tests durchgeführt. Das Überleben wurde dabei vom Tag der CT-Untersuchung bis 30 Tage danach betrachtet. Ein späterer Tod wurde als nicht von der Darmischämie verursacht angesehen.

Für die Darstellung wurde folgende Diagrammform gewählt:

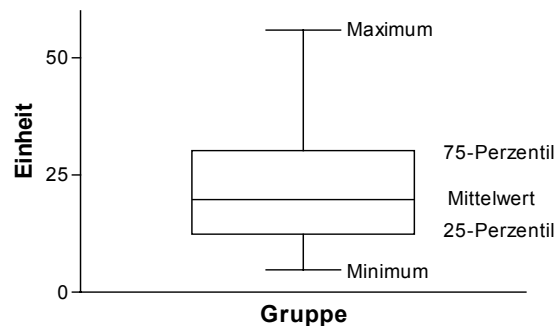


Abbildung 1: Diagrammlegende

Anhand der richtigen und falschen Diagnosen wurden folgende Werte ermittelt:

- Die Sensitivität: die Wahrscheinlichkeit für eine positive Diagnose, wenn der Patient eine Darmischämie hat.
- Die Spezifität: die Wahrscheinlichkeit für eine negative Diagnose, wenn der Patient keine Darmischämie hat.
- Der positive Vorhersagewert: die Wahrscheinlichkeit, dass eine Darmischämie vorliegt, wenn sie diagnostiziert wurde. Er hängt von der Prävalenz der untersuchten Population ab
- Der negative Vorhersagewert: die Wahrscheinlichkeit, dass keine Darmischämie vorliegt, wenn bei der Untersuchung keine Darmischämie nachgewiesen wurde. Auch dieser Wert hängt von der Prävalenz der untersuchten Population ab.

Zur Beurteilung der Testgüte des Mehrschicht-Spiral-CTs zur Diagnose einer Darmischämie wurde die Likelihood-Ratio verwendet. Sie bewertet die Testgüte anhand von Sensitivität und Spezifität. Die Positive Likelihood-Ratio wird mit folgender Formel berechnet:

$$LR+ = \text{Sensitivität} / (1 - \text{Spezifität}).$$

Sie beschreibt das Verhältnis der Wahrscheinlichkeit, bei einem Erkrankten ein positives Testergebnis zu bekommen, zur Wahrscheinlichkeit, bei einem Gesunden ein positives Testergebnis zu bekommen. Wenn die Anzahl der Test-Positiven unter den Kranken genauso groß ist wie unter den Gesunden, ist die $LR+ = 1$ und der Test

unbrauchbar. Je höher der Wert der positiven Likelihood-Ratio ist, um so besser ist der Test. Bei einem Wert zwischen 3 und 10 wird der Test als gut bewertet und bei einem Wert größer als 10 als sehr gut.

Die negative Likelihood-Ratio wird nach folgender Formel berechnet:

$$LR- = (1-\text{Sensitivität})/\text{Spezifität}.$$

Sie bezeichnet das Verhältnis der Wahrscheinlichkeit, dass ein Kranker ein negatives Testergebnis bekommt zur Wahrscheinlichkeit, dass ein Gesunder ein negatives Testergebnis erzielt. Hier bedeutet ein Wert zwischen 0,3 und 0,1, dass der Test gut zum Ausschluss einer Darmischämie und ein Wert unter 0,1, dass er dafür exzellent geeignet ist.

4 Ergebnisse

4.1 Alters- und Geschlechtsverteilung

Es fanden sich insgesamt 118 Patienten, die im Zeitraum vom 1.1.2000 bis 31.12.2002 im Mehrschicht-Spiral-CT der Charité Berlin Campus Mitte mit dem Verdacht auf Darmischämie untersucht wurden.

Bei 6 Fällen ließ sich keine endgültige Diagnose stellen, da in diesen Fällen nicht operiert und auch keine Sektion durchgeführt wurde. In diesen 6 Fällen wurde im Mehrschicht-Spiral-CT viermal eine Darmischämie diagnostiziert. Von diesen vier Patienten starben drei Patienten innerhalb von 24 Stunden. Zweimal wurde eine Darmischämie verneint. Diese beiden Patienten starben beide innerhalb von 24 Stunden. Diese 6 Fälle wurden in der Untersuchung nicht berücksichtigt.

Es blieben für diese Untersuchung insgesamt 112 Fälle übrig, die mit dem Verdacht auf eine Darmischämie im Mehrschicht-Spiral-CT untersucht wurden.

In unserem Patientenkollektiv befanden sich 65 Männer (58%) und 47 Frauen (42%), was einem Mann/Frau Verhältnis von $1/0,72$ entspricht.

Das Durchschnittsalter betrug 63,8 Jahre (Min: 24; Max: 97; Median: 67). Die Männer waren im Durchschnitt 63,6 Jahre (Min: 28; Max: 97; Median: 66), die Frauen durchschnittlich 64,1 Jahre alt (Min: 24; Max: 92; Median: 69).

Es ergab sich zwischen den Frauen und Männern kein statistisch signifikanter Unterschied in der Altersverteilung ($p = 0,2332$), allerdings lag der Alterspeak bei den Männern in der 7. Lebensdekade und bei den Frauen in der 8. Lebensdekade.

Tabelle 1: Altersverteilung nach Lebensdekaden

Alter	Anzahl Männer	Anzahl Frauen	Mann-Frau Verhältnis	Gesamt
21-30	2	2	1 : 1	4
31-40	3	4	1 : 1,3	7
41-50	5	5	1 : 1	10
51-60	10	4	1 : 0,4	14
61-70	25	11	1 : 0,44	36
71-80	17	14	1 : 0,82	31
81-90	2	6	1 : 3	8
91-100	1	1	1 : 1	2
Summe	65	47	1 : 0,72	112

Fett: Alterspeak

Bei der Einteilung in Gruppen ergab sich beim Vergleich untereinander bei keiner Paarung (Ischämien - keine Ischämien, Männer Ischämien - Männer keine Ischämien, Frauen Ischämien - Frauen keine Ischämien, Männer Ischämien - Frauen Ischämien, Männer keine Ischämien - Frauen keine Ischämien) ein statistisch signifikanter Unterschied in der Altersverteilung.

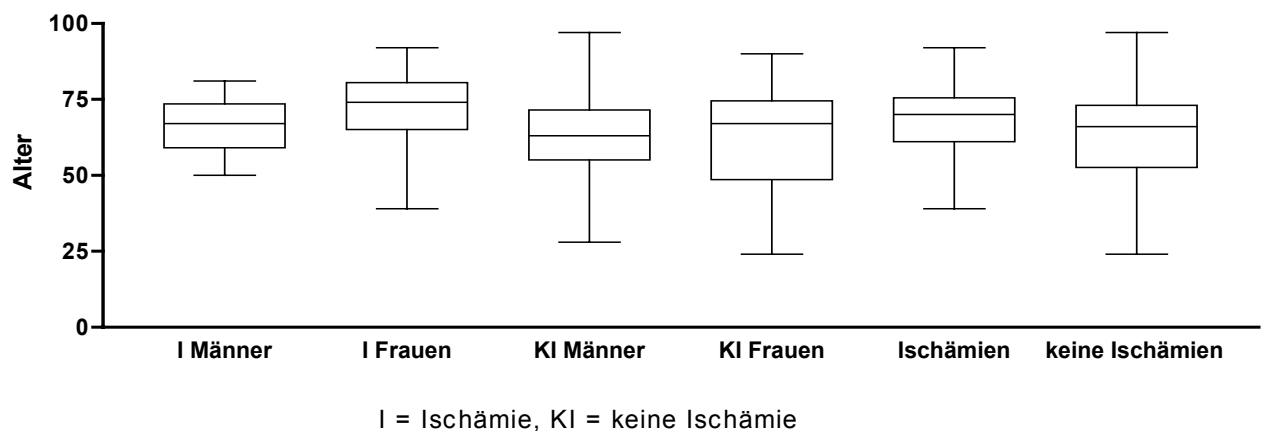


Abbildung 2: Altersverteilung Gruppen

4.2 CT-Befunde

Bei den gefundenen 112 Fällen wurde 27-mal (24,1%) eine Darmischämie diagnostiziert und 78-mal (69,6%) das Vorliegen einer Darmischämie verneint.

Von den 27 Ischämiediagnosen waren 24 korrekt (21,4%, Rubrik „I“) und 3 falsch positiv (2,7%, Rubrik „FP“). Bei der Laparotomie des ersten falsch positiven Patienten wurde eine Hemikolektomie durchgeführt. Die pathologische Untersuchung zeigte ein toxisches Megakolon, aber keine Darmischämie. Der Patient starb drei Monate später an einer Pneumonie mit exsudativer Pankreatitis. Die zweite Patientin konnte nach einer Asystolie auf dem CT-Tisch reanimiert werden und starb am selben Tag auf der Station an Herz-Kreislaufversagen. Der CT-Befund lautete Darmperforation mit Ischämie. Bei der Sektion fand sich ein perforiertes Ulcus ventriculi mit einer eitrigen Peritonitis ohne Darmischämie. Der dritte Fall zeigte im CT eine Darmischämie der linken Kolonflexur und des angrenzenden Kolon descendens. Bei der Laparotomie fand sich eine Minderperfusion des entsprechenden Kolonabschnittes, der von den Chirurgen aber im Zusammenhang mit dem vorangegangenen kardiochirurgischen Eingriff gesehen und als keine akute Durchblutungsstörung beurteilt wurde. Eine Resektion unterbleibt, und die Patientin wurde später entlassen.

Die Diagnose „keine Darmischämie“ war in 77 Fällen richtig (68,7%, Rubrik „KI“) und in einem Fall (0,9%, Rubrik „FN“) falsch. Bei dem falsch negativen Befund wurden im CT fraglich entzündliche Veränderungen gefunden. Erst 10 Tage später wurde ohne weitere Mehrschicht-Spiral-CT Untersuchung eine Dünndarmteilresektion durchgeführt. Bei der pathologischen Beurteilung fand sich eine Jejunumstenose bei fokaler ischämischer Darmwandnekrose mit gedeckter Perforation. Obwohl nicht sicher ist, ob die Darmischämie bei der CT-Untersuchung schon bestand, wurde dieser Fall als falsch negativ eingeordnet. Der Patient überlebte.

In 7 Fällen (6,3%) konnte im CT keine klare Aussage getroffen werden. Es wurde der Verdacht auf eine Darmischämie ausgesprochen oder eine Minderperfusion diagnostiziert, es konnte aber keine eindeutige Ischämiediagnose gestellt werden. Eine Untersuchung wurde nach einer versuchten Peritrapasspassage durchgeführt, was die Beurteilungsmöglichkeit der Darmperfusion nur eingeschränkt erlaubte. Im CT wurde der Verdacht auf eine Darmischämie ausgesprochen und ein „peritoneales

Implantat“ beschrieben. Bei der Laparotomie fand sich eine lokale Ischämie in der Nähe einer großen Lymphknotenmetastase eines bekannten Cervixcarcinoms. Dieser Fall wurde unter unklar mit Ischämiediagnose eingeordnet (0,9%, Rubrik „UI“). Die Patientin überlebte.

Die sechs folgenden Fälle wurden unter „unklar-keine Ischämie“ eingeordnet (5,4%, Rubrik „UKI“):

In einem Fall wurde eine Mesenterialarterienembolie mit erhaltener Perfusion distal des Embolus gefunden. Einzelne verdickte Darmschlingen wiesen trotz regelrechter Kontrastierung auf eine Minderperfusion hin. Bei der Laparotomie wurde die Appendix entfernt und es fanden sich minderperfundierte Darmschlingen, eine Resektion wurde aber als nicht notwendig erachtet. Auch die second look Operation ergab keinen anderen Befund. Der Patient starb 26 Tage später an einer schweren Herzinsuffizienz. In einem anderen Fall wurden im CT einzelne Minderperfusionsen des Kolon descendens beschrieben. Im Hemikolektomiepräparat fanden die Pathologen keine Ischämie. Der Patient starb acht Tage später.

Bei den vier unklaren Fällen, die nicht operiert wurden, starb ein Patient zwei Tage nach der CT-Untersuchung an einem akut toxischen Leberversagen. Bei der Sektion wurde keine Darmischämie erwähnt. Dreimal wurden die Patienten konservativ behandelt und entlassen.

Zusammenfassend fanden sich ein Fall, der unter „unklar-Ischämie“ eingeordnet wurde (0,9%) und 6 Fälle, die unter „unklar-keine Ischämie“ eingeordnet wurden (5,4%).

Tabelle 2: CT-Diagnosen und tatsächliche Erkrankung

CT Diagnose:	n	Prozent total	Erkrankung	n	Prozent total	Prozent Gruppe
Ischämie	27	24,1%	richtig	24	21,4%	88,9%
			falsch positiv	3	2,7%	11,1%
						100,0%
keine Ischämie	78	69,6%	richtig	77	68,7%	98,7%
			falsch negativ	1	0,9%	1,3%
						100,0%
unklar	7	6,3%	Ischämie	1	0,9%	14,3%
			keine Ischämie	6	5,4%	85,7%
						100,0%
Summe	112	100,0%		112	100,0%	

Wenn man die Diagnosen des CTs im Vergleich zu den tatsächlichen Erkrankungen betrachtet, zeigt sich folgendes Bild:

Von 26 Darmischämien wurden 24 erkannt (92,4%). Eine Ischämie (3,8%) wurde falsch negativ befundet und eine Ischämie (3,8%) wurde nicht klar erkannt.

Die 86 Fälle, bei denen keine Darmischämie vorlag, teilten sich auf in 77 richtig erkannte (89,5%), 3 falsch positive (3,5%) und 6 unklare Befunde (7,0%).

Tabelle 3: Tatsächliche Erkrankung und CT - Diagnosen

Erkrankung	n	Prozent total	CT-Diagnose	n	Prozent total	Prozent Gruppe
Ischämie	26	23,2%	erkannt	24	21,4%	92,4%
			falsch negativ	1	0,9%	3,8%
			unklar	1	0,9%	3,8%
						100,0%
keine Ischämie	86	76,8%	erkannt	77	68,7%	89,5%
			falsch positiv	3	2,7%	3,5%
			unklar	6	5,4%	7,0%
						100,0%
Summe	112	100,0%		112	100,0%	

In der folgenden Tabelle sind die in den CT-Befunden erwähnten Zeichen einer Darmischämie aufgeführt. Allerdings wurden nicht immer die einzelnen sichtbaren Zeichen aufgezählt, sondern oft auch nur der Befund „Minderperfusion der Darmschlingen“ dokumentiert. Die Einordnung, ob dieser Globalbefund einer Darmischämie entsprach, wurde dann in der abschließenden Beurteilung des befundenden Arztes deutlich. Da die Dokumentation der im CT sichtbaren Zeichen nicht standardisiert erfolgte und in seiner Genauigkeit vom jeweiligen Arzt abhing, sind die folgenden Zahlen nur der Vollständigkeit halber aufgeführt.

Tabelle 4: Zeichen der Darmischämie

Befund	Ischämie		Keine Ischämie	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
Globalbefund: Minderperfusion	15	60%	8	9%
Freie Flüssigkeit im Abdomen	12	48%	7	8%
Pneumatosus intestinalis	5	20%	0	0%
Darmblähung	4	16%	3	3%
Freie Luft im Abdomen	4	16%	2	2%
Perfusionsstörung arteriell	3	12%	1	1%
Darmwandverdickung	2	8%	6	7%
Gas in Gefäßen	2	8%	0	0%
Venenthrombose	2	8%	1	1%

In unserer Untersuchung gab es insgesamt 7 Fälle (6,3%), bei denen sich der befundende Arzt nicht festlegen konnte, ob eine Darmischämie vorlag oder nicht. Für die Entscheidungsfindung, ob man bei einem unklaren Befund eher von einer Darmischämie ausgehen sollte oder nicht, wurde die Likelihood-Ratio herangezogen. Dies wurde für drei verschiedene Annahmen berechnet. Im ersten Fall werden die unklaren Fälle nicht berücksichtigt (Tabelle 5), in den anderen beiden Fällen werden sie entweder den positiven (Tabelle 6) oder den negativen Befunden (Tabelle 7) zugeordnet. Das entspricht der Entscheidung, ob man bei einem unklaren Befund eher von einer Ischämie ausgeht oder nicht. Die Likelihood-Ratio verändert sich bei den unterschiedlichen Zuordnungen wie folgt:

Tabelle 5: Unklare Befunde werden nicht gewertet

	Ischämie	keine Ischämie	Total
erkannt	24	77	101
nicht erkannt	1	3	4
unklar	1	6	7
Total	25	80	105

Wenn man unklare Befunde nicht bewertet, ergibt sich eine Sensitivität von 96,0% (24/25) und eine Spezifität von 96,3% (77/80). Die positive Likelihood-Ratio beträgt 25,60 und die negative Likelihood-Ratio beträgt 0,04. Die Prävalenz der untersuchten Gruppe beträgt 23,8%, und daraus ergibt sich ein positiver Vorhersagewert von PV=88,9% und ein negativer Vorhersagewert von NV=98,7%.

Tabelle 6: Die unklaren Befunde werden als Ischämie gewertet

	Ischämie	keine Ischämie	Total
erkannt	25	77	102
nicht erkannt	1	9	10
Total	26	86	112

Es ergibt sich eine Sensitivität von 96,2% und eine Spezifität von 89,5%. Die positive Likelihood-Ratio beträgt 9,19 und die negative Likelihood-Ratio 0,04. Die Prävalenz ist 23,2%, der positive Vorhersagewert ist PV=73,5% und der negative Vorhersagewert NV=98,7%.

Tabelle 7: Die unklaren Befunde werden als keine Ischämie bewertet

	Ischämie	keine Ischämie	Total
erkannt	24	83	107
nicht erkannt	2	3	5
Total	26	86	112

Es ergibt sich eine Sensitivität von 92,3% und eine Spezifität von 96,5%. Die positive Likelihood-Ratio beträgt 26,46 und die negative Likelihood-Ratio 0,08. Die Prävalenz ist 23,2%, der positive Vorhersagewert PV=88,9% und der negative Vorhersagewert beträgt NV=97,6%.

4.3 Sonographie und Röntgen

Es wurde in 50 Fällen (45% aller Fälle, n=112) eine Abdomen-Sonographie durchgeführt. In keinem Fall konnte mit Hilfe der Sonographie die Diagnose einer Darmischämie gestellt werden. In 6 Fällen (5%) war der Sonographiebefund für eine Darmischämie verdächtig und es wurde um weitere Klärung im CT gebeten. Bei 5 dieser 6 Fälle lag keine Ischämie vor, in einem Fall ergab sich eine Ischämie. 14 Fälle waren falsch negativ und in 30 Fällen wurde die Darmischämie korrekt verneint. Die Sensitivität der Sonographie lag für die Erkennung einer Darmischämie also bei 0%, die Spezifität bei 85,7%.

Tabelle 8: Ergebnisse der Sonographie

Endgültige Diagnose:			Sonographie-Diagnose	Prozent	Prozent Gruppe
Ischämie	15	30,0%	erkannt	0	0,0%
			falsch negativ	14	28,0%
			unklar	1	2,0%
					100,0%
keine Ischämie	35	70,0%	erkannt	30	60,0%
			falsch positiv	0	0,0%
			unklar	5	10,0%
					100,0%
Summe	50	100,0%		50	100,0%

Die durchschnittliche Zeit, die zwischen der Sonographie und dem CT lag, betrug 6 Stunden und 14 Minuten (Min: 20min; Max: 12h:47min). In einem Fall wurde 7 Stunden und 53 Minuten nach dem CT eine Sonographie durchgeführt, sonst wurde die Sonographie immer vor der CT-Untersuchung durchgeführt.

Eine Abdomen Übersichtsaufnahme wurde in 20 Fällen (18%, n=112) durchgeführt. In keinem Fall wurde die Diagnose Darmischämie gestellt. 3 Diagnosen waren falsch negativ. Der Verdacht auf Darmischämie wurde in einem Fall geäußert. Dieser Fall war im CT unklar, es fand sich in der Operation eine lokale Darmischämie, die durch eine Lymphknotenmetastase hervorgerufen wurde. In 16 Fällen wurde eine Darmischämie korrekt verneint. Die Sensitivität des Röntgens lag für die Erkennung einer Darmischämie bei 0% und die Spezifität bei 100%.

Tabelle 9: Ergebnisse des Röntgens

Endgültige Diagnose:			Röntgen-Diagnose	Prozent	Prozent Gruppe
Ischämie	4	20,0%	erkannt	0	0,0%
			falsch negativ	3	15,0%
			unklar	1	5,0%
					100,0%
keine Ischämie	16	80,0%	erkannt	16	80,0%
			falsch positiv	0	0,0%
			unklar	0	0,0%
					100,0%
Summe	20	100,0%		20	100,0%

Die durchschnittliche Zeit zwischen Röntgenuntersuchung und CT lag bei 4 Stunden und 57 Minuten (Min: 10min; Max: 22h:35min). Eine Röntgenuntersuchung wurde 16 Stunden und 24 Minuten nach der CT-Untersuchung durchgeführt, sonst wurde die Röntgenuntersuchung immer vor der CT-Untersuchung durchgeführt.

In 11 Fällen (9%) wurden die Patienten mit Röntgen, Sonographie und CT untersucht. In diesen Fällen wurde die Abdomen Übersichtsaufnahme 5 Stunden und 43 Minuten (Min: 13min; Max 22h:38min), die Sonographie durchschnittlich 4 Stunden und 18 Minuten (Min: 34min; Max: 20h:40min) vor der CT-Untersuchung durchgeführt. In 4 Fällen wurde die Abdomen Übersichtsaufnahme aus organisatorischen Gründen nach der Sonographie durchgeführt.

Tabelle 10: Apparative Untersuchungen

Status	Nur CT	CT und Sono	CT und Röntgen	CT, Sono und Röntgen	Summe
Ischämie	8	13	1	2	24
falsch negativ	1	0	0	0	1
falsch positiv	2	0	0	1	3
keine Ischämie	38	25	7	7	77
unklar Ischämie	0	0	1	0	1
unklar keine Ischämie	3	2	1	0	6
Total	52	40	10	10	112

In 52 Fällen (46%) wurde nur eine CT-Untersuchung durchgeführt. Als Ergebnisse dieser Untersuchungen ergaben sich: acht Ischämiebefunde, ein falsch negativer Befund, zwei falsch positive Befunde, 38-mal wurde richtig keine Ischämie diagnostiziert und in drei Fällen war der Befund unklar und es ergab sich später keine Ischämie.

4.4 Laborparameter

Bei den meisten Patienten wurde die Leukozytenzahl ermittelt. In wesentlich weniger Fällen wurden auch die Werte für Lactat, D-Dimere und Base excess bestimmt. Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung und Anzahl der Laborwerte für alle erfassten Fälle.

Tabelle 11: Laborparameter

	Leukozyten	Lactat	D-Dimere	Base excess
Einheit	G/l	mg/dl	mg/dl	mmol/l
Mittelwert	17,32	24,09	7,79	-3,30
Standardabweichung	11,11	41,80	8,07	11,36
Median	14,88	11,00	3,34	1,10
Minimum	2,20	1,20	0,26	-16,70
Maximum	58,58	225,00	20,00	10,10
Anzahl Werte	104	40	21	5
ohne Werte	8	72	91	107

Normalwerte: Leukozyten: 3,1 - 9,5 G/l; Lactat: 6,0 - 10,0 mg/dl;
D-Dimere: < 0,5 mg/dl; Base excess: -2 - +3 mmol/l

4.4.1 Leukozyten

Dieser Parameter wurde bei 104 Patienten bestimmt. Davon hatten 25 eine Darmischämie und 79 keine. Die Leukozytenzahl war bei 24 Patienten (23%) erhöht und lag bei 80 Patienten (77%) im Normalbereich. 4 (16%) Ischämiefälle hatten einen normalen Leukozytenwert (< 9,50 G/l) und in 21 Fällen (84%) war er erhöht. Bei den Fällen ohne Ischämie lag bei 20 Patienten (25%) der Wert im Normalbereich und bei 59 Patienten (75%) war der Wert erhöht. Es zeigte sich ein leicht höherer Mittelwert bei den Ischämien, der aber statistisch nicht signifikant ist ($p=0,0598$ im Mann-Whitney-U Test)

Tabelle 12: Leukozyten (G/l)

	Ischämie	keine Ischämie
Mittelwert	21,23	16,08
Standardabweichung	12,72	10,33
Median	18,60	14,34
Minimum	4,76	2,20
Maximum	55,90	58,58
Anzahl Werte	25	79
ohne Werte	1	7

Normalwert: 3,10 – 9,50 G/l

4.4.2 Lactat

Der Plasmalactatwert wurde nur in 11 Fällen von Ischämie und 29 Fällen ohne Ischämie bestimmt. Insgesamt hatten 4 Patienten (10%) einen Serumlactatspiegel im Normalbereich, 22 (55%) zeigten einen erhöhten und 14 (35%) einen erniedrigten Wert. Bei den Ischämien war der Lactatwert in 4 Fällen (36%) nicht erhöht. Die 7 erhöhten Serumlactatwerte lauteten: 11,5; 16,0; 16,1; 20,5; 21,0; 39,3; 129,0 mg/dl. Bei den Fällen ohne Darmischämie fanden sich 4 Werte im Normalbereich (14%), 15 (52%) waren erhöht und 10 (34%) waren erniedrigt. Die Verteilung zeigt keinen statistisch signifikanten Unterschied ($p=0,5649$, Mann-Whitney-U Test).

Tabelle 13: Lactat

	Ischämie		keine Ischämie	
	mg/dl	mmol/l	mg/dl	mmol/l
Mittelwert	24,25	2,69	24,03	2,67
Standardabweichung	36,41	4,04	44,27	4,91
Median	16,00	1,78	11,0	1,22
Minimum	2,20	0,24	1,20	0,13
Maximum	129,0	14,32	225,00	24,98
Anzahl Werte	11		29	
ohne Werte	15		57	

Der Serumlactatwert wurde in mg/dl bestimmt. Umrechnung in mmol/l nach der Formel:
 $\text{mmol/l} \times 9,008 = \text{mg/dl}$. Normalwert: 6,0-10,0 mg/dl (0,67-1,11 mmol/l).

4.4.3 D-Dimere

D-Dimere wurden in 21 Fällen bestimmt. Davon bei 5 Ischämien und 16 Fällen ohne Ischämie. Nur in einem Fall ohne Ischämie war der D-Dimer Wert im Normalbereich $<0,5$ mg/dl. Die D-Dimere waren bei den Fällen mit Darmischämien also zu 100% erhöht. Bei den Fällen ohne Darmischämie lagen 15 Fälle (94%) außerhalb des Normalbereiches und einer (6%) im Normalbereich. Die Verteilung der D-Dimer-Werte zeigte keinen statistisch signifikanten Verteilungsunterschied ($p=0,3214$, Mann-Whitney-U Test).

Tabelle 14: D-Dimere (mg/dl)

	Ischämie	keine Ischämie
Mittelwert	11,98	6,48
Standardabweichung	9,04	7,58
Median	17,28	2,99
Minimum	2,06	0,26
Maximum	20,00	20,00
Anzahl Werte	5	16
ohne Werte	21	70

Normalwert: < 0,5 mg/dl

4.4.4 Base excess

Die 5 Werte des Base excess werden hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt. Die geringe Zahl der Werte macht eine statistische Aussage unmöglich. Die beiden Fälle mit Ischämie zeigen eine metabolische Azidose, bei den Fällen ohne Ischämie sind zwei im Normalbereich, ein Fall zeigt eine Alkalose.

Tabelle 15: Base excess (mmol/l)

Patienteninitialen	Ischämie	keine Ischämie
A.G.	-13,50	
L.L.	-16,70	
K.R.		2,50
K.K.		1,10
A.T.		10,10
Anzahl Werte	2	3
ohne Werte	24	83

Normalwert: -2 – 3 mmol/l

4.5 Ätiologie der Ischämien

Bei der Ätiologie der gefundenen Darmischämien bildete die NOMI die größte Gruppe mit 9 Fällen. Die arterielle Embolie ist die zweithäufigste Ursache mit 8 Fällen. Weitaus seltener waren mechanische Verschlüsse mit 4 Fällen. Venöse Thrombosen wurden in 3 Fällen gefunden. Eine arterielle Thrombose trat in 2 Fällen auf. Es wurden alle klassischen Formen der Darmischämien erkannt. Die beiden Fälle, die entweder falsch negativ oder unklar waren, waren mechanische Verschlüsse.

Tabelle 16: Ursachen der Ischämie

Ursache	n	Prozent	erkannt	nicht erkannt
NOMI	9	35%	9	0
Embolie	8	31%	8	0
mechanischer Verschluss	4	15%	2	2
venöse Thrombose	3	11%	3	0
arterielle Thrombose	2	8%	2	0
Summe	26	100%	24	2

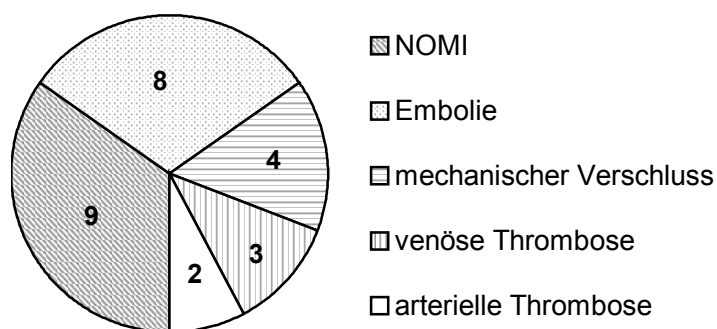


Abbildung 3: Ursachen der Ischämien

4.6 Letalität

Das Überleben wurde über 30 Tage nach der CT-Untersuchung verfolgt. Danach wurde die Ischämie als nicht ursächlich für den Tod angesehen.

In der Gruppe der Ischämien starben 18 von 26 (69%) Patienten. In der Gruppe ohne Darmischämie starben 25 von 86 Patienten (29%).

Nur bei 3 Patienten war die Haupttodesursache die Darmischämie. Eine 74-jährige Frau und eine 92-jährige Frau starben innerhalb eines Tages nach Diagnosestellung an einer kompletten Ischämie des Dünndarms bei einer Embolie der Arteria mesenterica superior. Es wurde bei beiden bei komplett gangränösem Darm bei der Probelaparotomie auf eine chirurgische Therapie verzichtet. Eine 87-jährige Frau starb einen Tag nach der second look Operation, bei der ein gangränöser Darm bei gut

fühlbaren Pulsen der Darmarterien gefunden wurde. Bei allen anderen Todesfällen wurde die Darmischämie nicht als Haupttodesursache genannt.

Der Unterschied im medianen Überleben zwischen den Patienten mit Darmischämie und den Patienten ohne Darmischämie war mit einem p – Wert von $p < 0,0001$ statistisch hoch signifikant (Logrank Test). Die Hazard-ratio betrug 3,391. Die Wahrscheinlichkeit, beim Vorliegen einer Ischämie innerhalb von 30 Tagen zu sterben, war also mehr als dreimal so hoch als bei den Verdachtsfällen, bei denen keine Darmischämie vorlag.

Bei den Ischämiefällen sind nach 16 Tagen keine Todesfälle mehr zu verzeichnen, wobei die Sterblichkeit in den ersten 4 Tagen am größten war. Das mediane Überleben betrug bei Vorliegen einer Ischämie 9 Tage. Bei den Fällen ohne Ischämie blieb die Sterblichkeit über die verfolgten 30 Tage relativ konstant und es starben insgesamt 29,1% der Patienten. Ein medianes Überleben kann somit nicht angegeben werden.

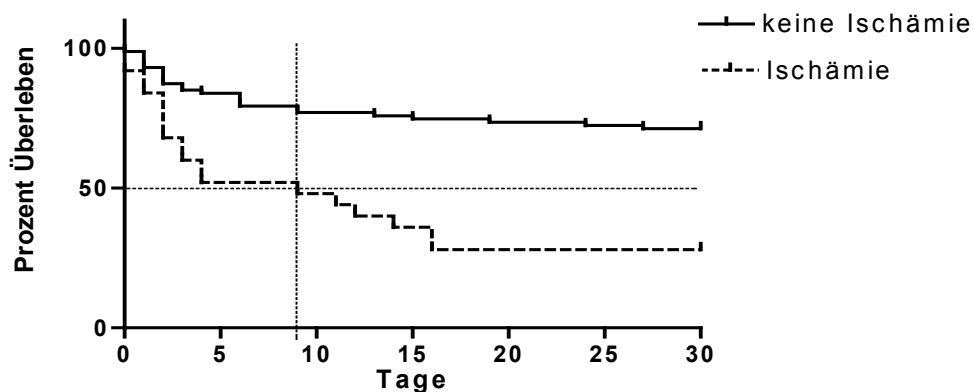


Abbildung 4: Überlebenskurve

4.6.1 Letalität nach Lebensalter

Der jüngste Patient, der an einer Ischämie starb, war 51 Jahre, der älteste 92 Jahre alt. Die Letalität lag bei Patienten mit einem Alter über 60 Jahren immer über 50%. Bei den Fällen ohne Ischämie starb der jüngste Patient mit 39 und der älteste mit 80 Jahren. Die Letalität lag in dieser Gruppe nur in der 8. Lebensdekade bei 50%, sonst immer deutlich darunter.

Tabelle 17: Letalität nach Lebensalter

Alter	Anzahl insgesamt			Todesfälle					
	Ischämie	keine Ischämie	Gesamt	Ischämie		keine Ischämie		Gesamt	
				Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
20-30	0	4	<u>4</u>	0	0%	0	0%	<u>0</u>	0%
31-40	0	7	<u>7</u>	0	0%	1	14%	<u>1</u>	14%
41-50	1	9	<u>10</u>	0	0%	0	0%	<u>0</u>	0%
51-60	5	9	<u>14</u>	2	40%	1	11%	<u>3</u>	21%
61-70	8	28	<u>36</u>	7	88%	11	39%	<u>18</u>	50%
71-80	9	24	<u>33</u>	7	78%	12	50%	<u>19</u>	58%
81-90	2	4	<u>6</u>	1	50%	0	0%	<u>1</u>	17%
91-100	1	1	<u>2</u>	1	100%	0	0%	<u>1</u>	50%
Summe	26	86	112	18	69%	25	29%	43	38%

Unterstrichen: Zeilensumme der Gruppe, Fett: Spaltensumme

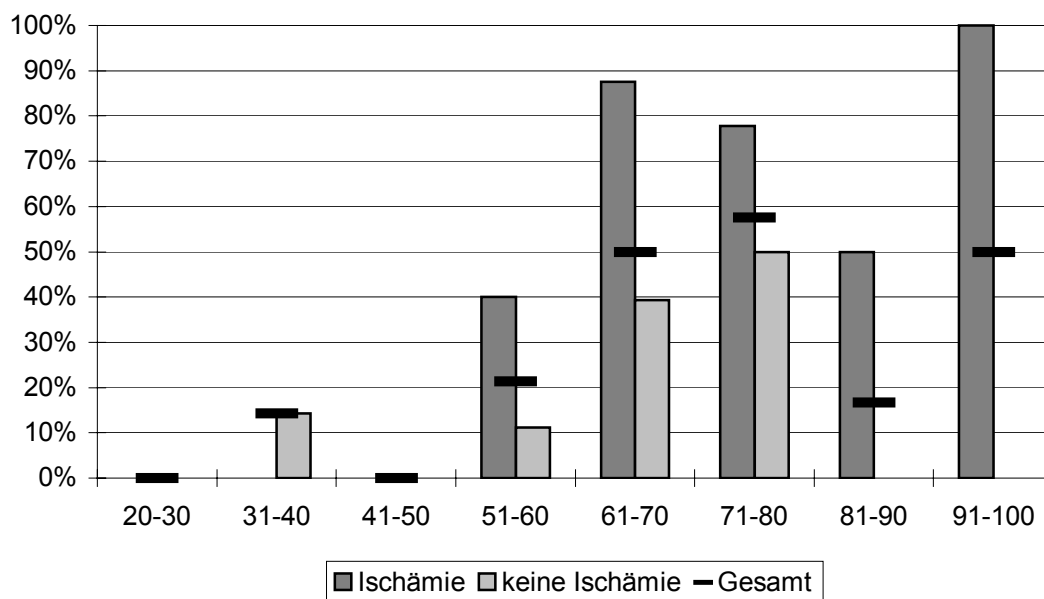


Abbildung 5: Letalität nach Lebensalter

4.6.2 Letalität nach Erkennung im CT

Bei den im CT richtig erkannten Ischämien starben 75% der Patienten. Im Falle des falsch negativen und unklaren Befundes mit Ischämie ist kein Todesfall zu verzeichnen. Von den 3 falsch positiven Fällen starben 2 (67%). Bei den Fällen, die als „unklar-keine Ischämie“ eingeordnet wurden, lag die Letalität bei 50%.

Tabelle 18: Letalität nach Erkennung im CT

Status	Anzahl	Gestorben	Letalität Prozent	Überlebt
I	24	18	75%	6
UI	1	0	0%	1
FN	1	0	0%	1
FP	3	2	67%	1
UKI	6	3	50%	3
KI	77	20	26%	57
Summe	112	43	38%	69

4.6.3 Letalität nach Überweisung

Die Charité Campus Mitte hat mehrere Intensivstationen. Von den 112 untersuchten Fällen wurden 48 (43%) von einer Intensivstation zum CT zur Klärung einer Darmischämie überwiesen. 22 Patienten (20%) kamen von der Ersten Hilfe und 42 Patienten (37%) von anderen Stationen. Bei den Fällen aus den Intensivstationen waren 14 tatsächlich Darmischämien, in 34 Fällen erhärtete sich der Verdacht nicht. Bei den vier Patienten, die über die Erste Hilfe kamen und eine Darmischämie hatten, lag die Letalität bei 100%. 18 Patienten wurden mit dem Verdacht auf eine Darmischämie über die Erste Hilfe aufgenommen, wobei der Verdacht sich nicht bestätigte. Bei den Intensivpatienten mit Darmischämie lag die Letalität bei fast 93%. Von den 8 Patienten mit einer Darmischämie, die von einer peripheren Station überwiesen wurden, starb nur einer (12%). Bei den Patienten, bei denen sich der Verdacht auf eine Darmischämie nicht bestätigte, war die Letalität mit 41% bei den Intensivpatienten am höchsten.

Tabelle 19: Letalität nach Überweisung

Station	Insgesamt		Ischämie						keine Ischämie					
			gesamt		gestorben		überlebt		gesamt		gestorben		überlebt	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
1. Hilfe	22	19,6%	4	15,4%	4	100,0%	0	0,0%	18	21,0%	3	16,7%	15	83,3%
ITS	48	42,9%	14	53,8%	13	92,9%	1	7,1%	34	39,5%	14	41,2%	20	58,8%
Sonstige	42	37,5%	8	30,8%	1	12,5%	7	87,5%	34	39,5%	8	23,5%	26	76,5%
	112	100,0%	26	100,0%	18	69,0%	8	31,0%	86	100,0%	25	29,0%	61	71,0%

ITS = Intensivstation, n = Anzahl, fett = % der Zeile pro Gruppe

4.6.4 Letalität nach Therapie

In 24 der 26 Fälle von Darmischämie wurde operiert (92%). Ein Patient, dessen Befund im CT als „unklar“ beurteilt wurde, wurde konservativ behandelt und überlebte, der zweite Patient starb vor der Operation.

Bei den Fällen, die keine Darmischämie hatten, wurde in 22 Fällen (26%) operiert und 64-mal (74%) wurde konservativ behandelt.

Die Gesamtlealität aller untersuchten Patienten betrug 38%. Bei den operierten Darmischämien lag die Letalität mit 71% über der Gesamtlealität der Ischämien von 69%. Bei den Patienten, bei denen sich der Verdacht auf Darmischämie nicht erhärtete und die nach der CT-Untersuchung aus anderen Gründen operiert wurden, lag die Letalität bei 23%, also unter der Letalität von 34% bei den konservativ behandelten Patienten ohne Darmischämie. Insgesamt wurden 46 Patienten aus unserem Patientenkollektiv operiert. Bei ihnen lag die Letalität bei 48%.

Tabelle 20: Letalität nach Therapieform

	n	operiert						nicht operiert					
		gesamt		gestorben		überlebt		gesamt		gestorben		überlebt	
		n	%	n.	%	n.	%	n	%	n.	%	n.	%
Ischämie	26	24	92,3%	17	70,8%	7	29,2%	2	7,7%	1	50,0%	1	50,0%
keine Ischämie	86	22	25,6%	5	22,7%	17	77,3%	64	74,4%	22	34,4%	42	65,6%
	112	46	41,1%	22	47,8%	24	52,2%	66	58,9%	23	34,8%	43	65,2%

n = Anzahl, fett = Prozent der Zeile pro Gruppe

4.7 Zeitliche Entwicklung der CT-Untersuchungen

Die Anzahl der Untersuchungen mit dem Mehrschicht-Spiral-CT bei Verdacht auf Darmischämie stieg im Untersuchungszeitraum deutlich an. In jedem Halbjahr ist eine Steigerung der Untersuchungszahlen zu verzeichnen und zwar von zunächst 5 im ersten Halbjahr 2000 bis auf 35 Untersuchungen im letzten Halbjahr 2002.

Tabelle 21: Chronologische Verteilung der Untersuchungen bei Verdacht auf Darmischämien

Jahr	Anzahl	Halbjahr	Ischämie	keine Ischämie	Summe
2000	11	2000/1	2	3	5
		2000/2	0	6	6
2001	36	2001/1	4	9	13
		2001/2	5	18	23
2002	65	2002/1	9	21	30
		2002/2	6	29	35
Summe	112		26	86	112

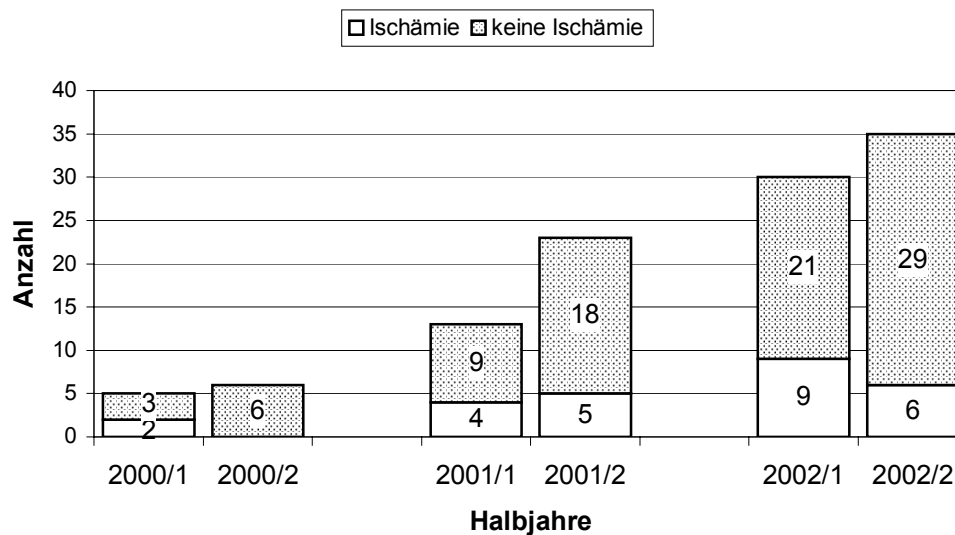


Abbildung 6: Chronologische Verteilung der Untersuchungen bei Verdacht auf Darmischämien

In den untersuchten drei Jahren versiebenfachte sich die Anzahl der diagnostizierten Ischämien von 2 im Jahre 2000 auf 14 in 2002. Der Anteil der diagnostizierten Ischämien an der Gesamtzahl der Untersuchungen blieb ungefähr auf gleichem Niveau bei circa 1 Ischämie auf 5 durchgeführte Untersuchungen. Die falsch positiven Diagnosen stiegen von keiner im Jahr 2000 über eine in 2001 auf zwei in 2002. Dies entspricht ungefähr einem Anteil von 3% falsch positiver Diagnosen. Die Zahl der richtig negativen Diagnosen erhöhte sich von 7 in 2000 auf 45 in 2002.

Tabelle 22: Chronologische Verteilung der Diagnosen pro Jahr

Jahr	I	FN	UI	FP	UKI	KI	Total
2000	2	0	0	0	2	7	11
2001	8	1	0	1	1	25	36
2002	14	0	1	2	3	45	65
Summe	24	1	1	3	6	77	112

Insgesamt wurden 771 Patienten aus der Ersten Hilfe zur Untersuchung in das Mehrschicht-Spiral-CT überwiesen. Verdacht auf eine Darmischämie bestand dagegen nur in insgesamt 22 Fällen oder ca. 3%, wovon sich 4 (0,5%) tatsächlich als Darmischämien erwiesen.

Tabelle 23: Ischämieverdacht bei Überweisungen aus der Notaufnahme

Jahr	Überweisungen aus der Ersten Hilfe	davon Ischämieverdacht		davon tatsächlich Ischämien	
		Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
2000	113	2	1,8%	0	0,0%
2001	284	11	3,9%	2	0,7%
2002	374	9	2,4%	2	0,5%
Insgesamt	771	22	2,9%	4	0,5%

Im untersuchten Zeitraum wurden 112 Patienten im Spiral-CT in der Charité Berlin Campus Mitte mit dem Verdacht auf eine Darmischämie untersucht, wobei sich bei 26 der Verdacht bestätigte. In diesem Zeitraum hatten 679 stationäre Patienten ein akutes Abdomen. Das entspricht einem Anteil der Darmischämie von 3,8% an allen Fällen von akutem Abdomen.

Insgesamt wurden im genannten Zeitraum 264.183 Patienten in der Charité stationär behandelt. Daraus ergibt sich ein Anteil der Darmischämien von 0,098‰ an allen behandelten Patienten. Der Anteil der Fälle mit Darmischämie an den Überweisungen aus der Ersten Hilfe betrug 0,5%. Allerdings handelt es sich hierbei nur um die im Spiral-CT untersuchten Fälle. Die sofort operierten oder in einem anderen CT oder mit einer Angiographie diagnostizierten Patienten sind hier nicht erfasst.

5 Diskussion

In der Literatur finden sich unterschiedliche Angaben zur Inzidenz der Darmischämie. Es ist durch die geringe Zahl an Erkrankten und die fehlende Meldepflicht schwer, genaue Zahlen zu ermitteln. Das statistische Jahrbuch der Bundesrepublik Deutschland verzeichnet Erkrankungen der Darmgefäße nicht gesondert. Wolf et al. nennen 3992 Personen im Jahr 1999 und 4014 Personen im Jahr 2000, die in Deutschland an einer akuten Darmischämie starben [110]. Das würde einer Mortalität von ungefähr 0,5 pro 10.000 Personen bei einer Bevölkerung von 80 Millionen entsprechen. Bei einer angenommenen Letalität von 70% wäre die Inzidenz der Darmischämie in etwa 0,85 pro 10.000 Personen. Das entspricht ungefähr der Angabe von Luther, der eine Inzidenz von 1 pro 10.000 Einwohnern in Deutschland erwähnt [60]. Rius et al. aus Spanien nennen eine wesentlich geringere Inzidenz von 0,11 pro 10.000 Personen [84]. In den USA werden um eine Größenordnung höhere Inzidenzen gemeldet. Kaleya et al. und Stoney et al. sprechen von 1 pro 1000 Patienten, und Howard et al. zitieren Glantz mit derselben Zahl [43,48,96]. Ottinger und Austen fanden in ihrer Untersuchung 1967 eine Inzidenz von 8,8 pro 10.000 Krankenhauseinweisungen [74]. Unsere Ergebnisse passen zu den europäischen Zahlen mit einer Inzidenz von ca. 0,9 pro 10.000 stationären Patienten pro Jahr, was einer etwas geringeren Inzidenz in der Gesamtbevölkerung entspricht. Woher allerdings die Diskrepanz von einer Größenordnung im Vergleich mit den USA rührt ist nicht ersichtlich.

Auch die Angabe des Anteils der Darmischämie an den akuten Baucherkrankungen schwankt. In den meisten Aufstellungen über die Ursachen akuter Baucherkrankungen taucht die Darmischämie nicht oder nur unter den sonstigen Ursachen auf [3,36,80]. Luther erwähnt, dass 1% aller Patienten mit akutem Abdomen ischämische Darmbeschwerden haben [60], während Beyer und Köster nur 0,4% aller akuten Abdomen mit einer Darmischämie in Verbindung bringen [10]. Ockert et al. schreiben 6% aller akuten Abdomen der Darmischämie zu [72], Rius et al. nennen einen Anteil der Darmischämie von 0,38% an allen akuten abdominalen Operationen [84]. Unsere Zahlen liegen mit 3,2% aller stationär behandelten akuten Abdomen relativ hoch, jedoch sind die Studien die geringere Prozentzahlen ermittelt haben schon einige Jahre alt. In den letzten Jahren steigen in den Industrieländern die Zahlen für Darmischämien an, was durch den steigenden Anteil älterer Patienten bedingt sein kann [41,48,95]. Zusätzlich

mag die höhere Sensibilisierung für das Krankheitsbild der Darmischämie zu einer häufigeren Diagnosestellung beitragen. Auch hat sich die Möglichkeit der Erkennung einer Darmischämie mit bildgebenden Verfahren deutlich verbessert.

Die Darmischämie ist mit einer Inzidenz von 0,1 bis 10 pro 10.000 eine seltene Erkrankung. Sie hat einen Anteil von 0,4% bis 6% aller akuten Abdomen und wird demzufolge selten operativ versorgt. Diesen Erkenntnissen entsprechen auch die Fallzahlen in der Literatur, wo nur selten über 100 Fälle gefunden wurden, auch wenn der Zeitraum der Untersuchung mehrere Jahre umfasst. Wir konnten in drei Jahren an einem Universitätsklinikum bei 112 Verdachtsdiagnosen 26 Fälle von Darmischämie bestätigen.

In der Zusammensetzung unterschied sich unser Kollektiv nur wenig von den Kollektiven anderer Studien. In einer Zusammenfassung von 19 Studien ergab sich bei insgesamt 1431 Patienten, die eine Darmischämie oder den Verdacht auf eine Darmischämie hatten, ein Mann-Frau Verhältnis von 1:1,1 bei einem Durchschnittsalter von 66,4 Jahren. In unserem Patientenkollektiv waren mehr Männer als Frauen betroffen mit einem Mann-Frau-Verhältnis von 1:0,72. Die Frauen waren nur bei den unter 30-jährigen und den über 80-jährigen in der Überzahl (siehe Tabelle 1: Altersverteilung nach Lebensdekaden, S.42). Das Durchschnittsalter unseres Kollektivs war mit 63,8 Jahren etwas geringer als das der meisten anderen Studien.

[7,15,16,27,32,50,64,66,73,74,76,83,84,92,93,99,109,112,113].

5.1 Formen der Darmischämie

Die Angaben über die Ätiologie der Darmischämie haben sich im Laufe der Zeit verändert. Während am Anfang des 20. Jahrhunderts noch die arterielle Embolie der Arteria mesenterica superior den Hauptteil der Darmischämien ausmachte, wuchs der Anteil der NOMI nach ihrer Entdeckung 1958 [31] von ca. 30% 1959 auf 50 % in den siebziger Jahren [13]. Seitdem ist der Anteil der NOMI an den Darmischämien wieder auf 20-30% gefallen, was auf den verstärkten Einsatz von systemischen Vasodilatoren (z.B.: Nitrate, Kalziumkanalblocker) zurückgeführt wird [13,48].

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Ursachen der Darmischämie basierend auf einigen Publikationen der letzten Jahre.

Es zeigt sich eine Verteilung von ca. 20-40% arterielle Embolie, 10-30% arterielle Thrombose, 10% venöse Thrombose, 10-20% NOMI. Das deckt sich mit der in der Literatur oft zu findenden Häufigkeitsverteilung von 60-70% arteriellem Verschluss, 5-10% Venenthrombose und 20-30% NOMI.

Tabelle 24: Ischämieformen in der Literatur

Autor	Jahr	Fallzahl	Arterielle Embolie	Arterielle Thrombose	Venöse Thrombose	Nomi	Andere Ursachen
Ottinger [74]	1967	136	21%	16%	7%	49%	
Boley [14]	1977	35	46%	9%	2%	43%	
Ottinger [73]	1978	103	55%	45%	Aus.	Aus.	Aus.
Rius [84]	1979	46	11%	59%	17%	13%	
Singh [92]	1980	40	18%	70%	12%		
Schmidthausen [88]	1982	49	9%	15%	4%	17%	55%
Clark [25]	1984	27	26%	11%	18%	41%	4%
Clark [24]	1987	22	32%	‡	27%	41%	
Böttger [16]	1990	46	22%	37%	37%	4%	
Boos [15]	1992	62	40%	18%	5%	32%	5%
Klein [50]	1995	58	73%	‡	17%	10%	
Howard [43]	1996	113	+	+	+	12%	+
Taourel [99]	1996	39	15%	33%	15%	36%	Aus.
Czerny [27]	1997	145	64%	28%	3%	5%	
Ritz [83]	1997	141	55%	21%	11%	13%	
Yamada [112]	1998	26	42%	31%	8%	19%	
Mamode [66]	1999	57	21%	32%	7%	14%	26%
Endean [32]	2001	170	13%	12%	9%	&	66%
Luther [61]	2002	64	28%	30%	14%	8%	20%
Park [76]	2002	58	28%	64%	Aus.	9%	Aus.
Eigene Untersuchung	2004	26	31%	8%	11%	35%	15%

Aus. = dieses Ischämieformen wurden in der Untersuchung ausgeschlossen

‡ = es wurde nicht zwischen arteriellen Embolien und Thrombosen unterschieden. Der Wert für arterielle Verschlüsse wurde bei arterieller Embolie eingetragen

+

= es wurden nur die NOMI Patienten untersucht

& = NOMI wurde nicht unterschieden und ist unter „andere Ursachen“ eingetragen

fett gedruckt = Studien, die den Erfolg einer chirurgischen Therapie untersuchen

Die Verteilung der Ätiologien der Darmischämien in unserem Patientenkollektiv entsprechen weitgehend den in der Literatur gefundenen. Auffällig ist der relativ hohe Anteil der NOMI mit 35%. Das kann zwei Ursachen haben. Erstens ist der Anteil von Intensivpatienten nach Herzoperationen und Organtransplantationen an der Charité hoch. Diese Patienten haben ein erhöhtes Risiko für das Auftreten einer Darmischämie, die überproportional häufig in Form einer NOMI auftritt [105]. Venkateswaran et al. berichteten von einem Anteil von 96% NOMI bei Intensivpatienten [105]. Zweitens werden in vielen Studien die Erfolge verschiedener chirurgischer Therapieformen untersucht. Da die NOMI eine Erkrankung ist, die primär nicht chirurgisch versorgt wird, ist sie in diesen Untersuchungen unterrepräsentiert. Dies fällt auch bei den oben

aufgeführten Studien auf (siehe Tabelle 24: Ischämieformen in der Literatur, S.62). Die Studien, welche die Erfolge der chirurgischen Therapie untersuchen, haben einen Anteil der NOMI in den Patientenkollektiven von maximal 13% (fett gedruckt) [16,27, 50,61,76,83,84]. Bei den Studien, bei denen nicht nur operierte sondern auch nicht operierte Patienten erfasst wurden, liegt der Anteil der NOMI zwischen 12% und 49% [14,15,25,32,43,66,73,74,88,99,112]. Da unsere Studie auch nicht operierte Patienten erfasst, könnte das den hohen Anteil der NOMI in unserem Patientenkollektiv erklären.

5.2 Letalität

Die Darmischämie ist eine Erkrankung, die hauptsächlich ältere Patienten mit Risikofaktoren betrifft. Da das Durchschnittsalter der Bevölkerung in den Industrieländern wächst, ist auch mit einem häufigeren Auftreten von Darmischämien zu rechnen [41,48,95]. Trotz der gesteigerten Aufmerksamkeit, welche die Erkrankung in den letzten Jahrzehnten erhielt, und den verbesserten diagnostischen und therapeutischen Methoden, hat sich die Mortalität seit über 100 Jahren nicht entscheidend verringert. Sie liegt immer noch bei 60%-80%. Hauptursache dafür ist, dass sich noch keine Untersuchungsmethode und kein Laborparameter finden ließen, die die Krankheit in dem kurzen diagnostischen Fenster von ungefähr 12 Stunden sicher diagnostizieren lassen [61]. In unserer Untersuchung zeigte sich, dass die Darmischämie noch immer eine Krankheit mit hoher Letalität ist. Sie lag in unserem Patientenkollektiv bei 69,2% über alle Altersgruppen.

Die folgende Tabelle fasst einige Berichte über die Letalität bei der Behandlung der Darmischämie zusammen.

Tabelle 25: Letalität in der Literatur

Autor	Jahr	n	Let.	Bemerkung
Ottinger [74]	1967	136	92%	Mechanische Ischämien ausgeschlossen
Hengesbach [39]	1975	19	84%	Nur akute Darmischämien
Boley [14]	1977	35	46%	Nur angiographierte Fälle
Ottinger [73]	1978	103	85%	Nur diagnostizierte AMS-Verschlüsse
Rius [84]	1979	46	85%	
Singh [92]	1980	40	78%	
Schmidthausen [88]	1982	49	35%	Primär 60%, sekundär 8%
Clark [25]	1984	27	52%	Nur angiographierte Fälle
Clark [24]	1987	22	68%	
Pérez [78]	1989	10	90%	
Smerud [93]	1989	23	61%	Nur Pat, die Rö und CT hatten (von 344)
Böttger [16]	1990	46	57%	Nur angiographierte Fälle
Boos [15]	1992	62	53%	Nur angiographierte Fälle
Lange [55]	1994	20	90%	
Klein [50]	1995	58	60%	Nur primäre Ursachen, die operiert wurden
Howard [43]	1996	13	77%	Nur NOMI
Taourel [99]	1996	39	54%	
Czerny [27]	1997	145	54%	
Ritz [83]	1997	141	71%	
Yamada [112]	1998	26	31%	Sekundäre Ursachen ausgeschlossen
Mamode [66]	1999	57	81%	Sekundäre Ursachen ausgeschlossen
Endean [32]	2001	170	48%	
Björk [12] #	2002	60	43%	Nur gefäßchirurgisch behandelte AMS-Occl.
Luther [61]	2002	64	67%	
Lee [56]	2002	9	33%	
Eigene Untersuchung	2004	26	69%	

n = Fallzahl, Let. = Letalität in Prozent
#: die angegebene Letalität nach 30 Tagen. Insgesamt betrug sie 52%

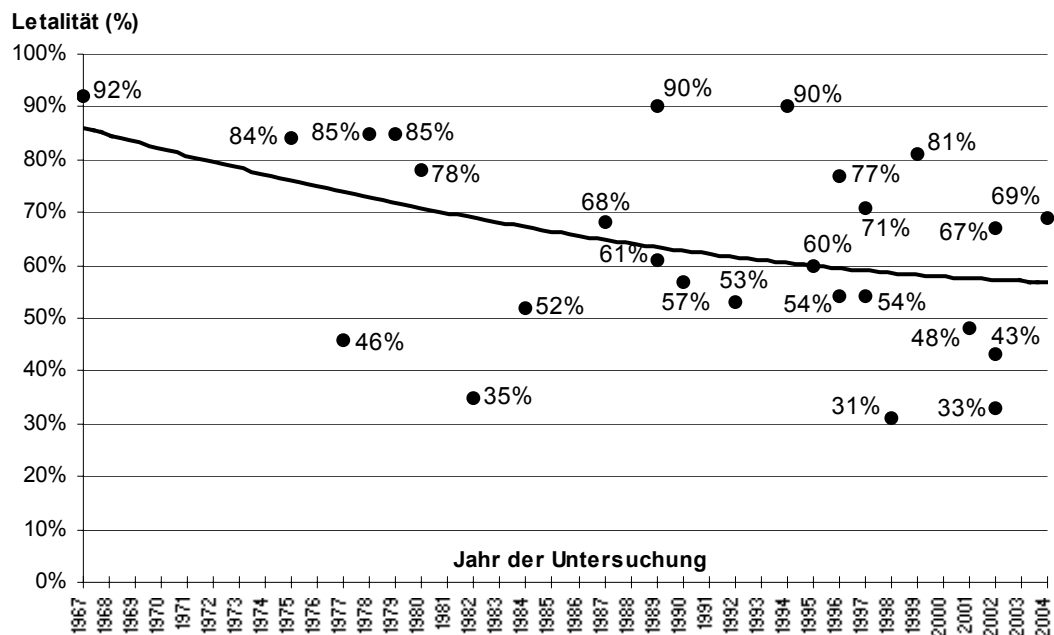


Abbildung 7: Letalität in der Literatur

Tabelle 25 und Abbildung 7 zeigen, dass die Letalität der Darmischämie in den letzten Jahrzehnten nicht gravierend zurückgegangen ist. Sie bleibt von Ausnahmen abgesehen stets über 50%. Allerdings lässt sich eine leichte Tendenz nach unten erkennen. Seit 1995 wird keine Letalität über 81% dokumentiert. Auffällig sind drei Berichte in denen eine Letalität unter 40% ermittelt wurde.

Der Bericht von Lee et al. 2002 [56] bezieht sich auf 9 Patienten, die innerhalb von 15 Monaten eine histologisch gesicherte Darmischämie hatten, operiert wurden und zusätzlich mittels Abdomen-CT untersucht wurden. Von diesen 9 überlebten 6 Patienten. Es wird nicht berichtet, ob es sich um alle Patienten dieser Institution mit Darmischämie im genannten Zeitraum handelt. Die kleine Fallzahl lässt es als fraglich erscheinen, dass die Letalität von 33% bei Darmischämie für das gesamte Patientenkollektiv repräsentativ ist. Yamada et al. 1998 [112] vermuteten selbst, dass die geringe Letalität in ihrer Untersuchung darin begründet sein könnte, dass nur die Patienten berücksichtigt wurden, die mittels CT untersucht wurden. Patienten, die schon zu krank waren oder direkt operiert wurden, wurden von ihnen nicht erfasst. Die geringe Letalität bei großer Fallzahl bei Schmidthausen 1982 [88] liegt in der hohen Zahl von sekundären Ischämien (Darmischämie durch Darmvolvulus, Tumore, Strikturen nach Operationen) begründet, die fast die Hälfte aller Fälle ausmachten (24/49) und die zu 92% (22/24) überlebten. Wenn man die sekundären Fälle nicht berücksichtigt ergibt sich eine Letalität von 60% (15/25) bei den Darmischämien.

Die Gesamtletalität unseres Patientenkollektivs passt mit 69% gut in die langfristige Entwicklung. Es gibt allerdings große Unterschiede in der Letalität, wenn man betrachtet, über welchen Weg die Patienten dem CT zugeführt wurden (siehe Tabelle 19: Letalität nach Überweisung, S.56). Dramatisch ist die Situation bei den Patienten, die mit einer Darmischämie über die Erste Hilfe ins Krankenhaus kamen. Es starben alle Patienten dieser Gruppe. Es ist anzunehmen, dass bei diesen Patienten vom Auftreten der ersten Symptome bis zur Diagnosestellung im Krankenhaus kostbare Zeit verloren ging und die Therapie deshalb erst zu spät begonnen werden konnte. Dies unterstützt die Auffassung, dass der Erfolg einer Therapie hauptsächlich von der frühen Diagnose abhängt und jenseits des Zeitfensters von maximal 12 Stunden die Prognose denkbar schlecht ist. Bei allen vier dieser Patienten fand sich bei der Laparotomie ein schon gangränöser Darm. Zwei dieser Fälle hatten ihre Ursache in

einem Aortenaneurysma und zwei Fälle zeigten eine Embolie der AMS. Dies steht im Gegensatz zu der Untersuchung von Björk et al. [12], bei denen Patienten, die über die Erste Hilfe kamen, eine bessere Prognose hatten als diejenigen, die schon im Krankenhaus lagen.

Über die Hälfte der Patienten mit Darmischämie (53,8%;14/26) lagen auf einer Intensivstation, häufig nach kardiologischen Operationen oder Transplantationen. Patienten der Intensivstation haben sehr häufig hämodynamische Probleme, bedingt durch die kritischen Grunderkrankungen. Infolgedessen kommt es oft zu einer eingeschränkten Perfusion verschiedener Organe und dadurch auch häufiger zu einer Darmischämie. Die Letalität bei Patienten der Intensivstation in unserer Studie war mit 93% sehr hoch. Dazu trugen sicher die schweren Grunderkrankungen bei. Auch bei den Patienten, die auf einer Intensivstation lagen und den Verdacht auf eine Darmischämie hatten, der sich nicht bestätigte, lag die Letalität bei 44%. Venkateswaran et al. warnten 2002 vor dem Auftreten einer Darmischämie nach Herzoperationen [105]. Zwar trat diese mit einer Inzidenz von ungefähr 0,5% nur selten auf, war aber für 11% der Todesfälle der gesamten untersuchten Gruppe verantwortlich.

Ein überraschendes Ergebnis ergab sich bei den Patienten, die weder über die Erste Hilfe noch von einer Intensivstation kamen. Hier lag die Letalität der Patienten mit Darmischämie mit 12% nur halb so hoch wie bei den Patienten, die keine Darmischämie hatten (24%). Bei 81% der Patienten (34/42), die von peripheren Stationen mit dem Verdacht auf Darmischämie untersucht wurden, konnte der Verdacht nicht bestätigt werden. Dieser hohe Anteil von nicht bestätigten Verdachtsdiagnosen bei gleichzeitig hoher Letalität in dieser Gruppe könnte folgende Ursache haben: Die sich oft unspezifisch äußernde Darmischämie ist eine seltene Erkrankung, die in letzter Zeit vermehrte Beachtung erfahren hat. Sie ist eine potentiell tödliche, aber therapierbare Krankheit und kann schnell durch das CT diagnostiziert werden. Diese Tatsache könnte den behandelnden Arzt verleiten, bei einer unklaren schweren Zustandsverschlechterung eines Patienten, die Verdachtsdiagnose Darmischämie zu stellen, selbst wenn dies sehr unwahrscheinlich ist und die Hinweise darauf gering sind. Das könnte sowohl den hohen Anteil an nicht bestätigten Verdachtsdiagnosen, als auch die höhere Letalität in dieser Gruppe erklären.

5.3 Vergleich Laborparameter

In unserer Untersuchung lag die Leukozytenzahl bei 24 Patienten (23%) im Normbereich und war bei 80 (77%) erhöht. Die Verteilung zeigte eine leichte Erhöhung bei den Darmischämien, die aber statistisch nicht signifikant war. Die Leukozytenzahl war bei 84% der Patienten mit Darmischämie erhöht, was sich mit den Angaben in der Literatur deckt. Dort wird bei 84% bis 98% der Darmischämien über eine erhöhte Leukozytenzahl berichtet [12,66,73,74,76,83]. Ottinger stellte fest, dass die Höhe der Leukozytenzahl gering mit dem Ausmaß und der Dauer der Darmischämie korreliert [73]. Ritz et al. stellten die Leukozytenzahl und die Höhe des Serumlactatspiegels mit der Letalität in Zusammenhang [83]. Beides konnten wir in unserem Patientenkollektiv nicht nachvollziehen.

Ähnliches zeigte sich bei den Serumlactatwerten. Die Darmischämien wiesen einen leicht erhöhten Serumlactatwert auf, der sich statistisch nicht signifikant von dem der Fälle ohne Darmischämie unterschied. Bei 63% der Fälle mit Darmischämie war der Serumlactatspiegel erhöht, was etwas niedriger ist als die in der Literatur gefundene Quote zwischen 81% und 94% [27,76,84]. Die bei Lange [54] erwähnte Möglichkeit des normalen Lactats bei Strangulationsileus konnte bei beiden Fällen mit Volvulus nicht überprüft werden, da in beiden Fällen kein Lactat vorlag. In unserer Untersuchung überlebte nur ein Patient, bei dem ein Serumlactatwert erhoben wurde, was eine statistische Betrachtung über die Korrelation von Serumlactatwert und Überlebenswahrscheinlichkeit unmöglich macht. Wenn man den Serumlactatwert der Patienten, die eine Darmischämie hatten und starben, und die Patienten, die keine Darmischämie hatten und starben, vergleicht, ergibt sich kein statistisch signifikanter Unterschied. Auch der Vergleich des Serumlactatspiegels der gestorbenen Patienten ohne Darmischämie mit denen, die überlebt haben, ergibt keinen statistisch signifikanten Unterschied. Auch Klein et al. fanden keinen signifikanten Unterschied im Serumlactat bei Ischämie-Patienten, die starben beziehungsweise bei denen, die überlebten [50]. In dieser Untersuchung wurde der höchste Lactatwert bei einem Patienten ohne Darmischämie gefunden, der infolge akuten Leberversagens bei Leberzirrhose starb. Vier Patienten mit Darmischämie hatten einen Lactatspiegel im Normalbereich. Dies widerspricht der Aussage von Lange und Jäckel [55], die eine Darmischämie bei normalem Lactatspiegel ausschließen. Möglicherweise war bei

diesen Patienten der Lactatspiegel bei der Blutabnahme nach initialem Anstieg schon wieder abgesunken.

Die D-Dimere waren in 20 von 21 Fällen erhöht. Von den 20 Patienten, bei denen der D-Dimer-Wert erhöht war hatten 5 eine Darmischämie. Diese Patienten starben alle. Bei den Patienten, die keine Darmischämie hatten und deren D-Dimer-Wert erhöht war, wurden nur drei operiert. In 12 Fällen war der Wert erhöht und es lag keine OP-Indikation vor. Das steht gegen die Aussage von Acosta et al. [2], die bei erhöhten D-Dimer-Wert eine OP-Indikation sahen. Von den 12 Patienten ohne Darmischämie mit erhöhtem D-Dimer-Spiegel starben 6 (50%). Davon zwei an einer Sepsis, zwei an einem Herzinfarkt, einer an akutem Leberversagen und einer an AIDS. Eine Korrelation zur Darmischämie konnten wir bei den D-Dimeren nicht zeigen.

Bei der kleinen Zahl von Werten des Base excess ließ sich der prognostische Wert, der ihm vom Smith et al. [94] zugeschrieben wird, nicht zeigen. Die Patientin mit dem niedrigsten Wert von $-16,70$ mmol/l hatte eine Darmischämie und starb nach einer Dünndarmresektion zwei Tage später. Der andere Ischämiepatient, bei dem ein Base excess Wert existiert, überlebte nach einer Dünndarmresektion bei einem sehr niedrigen Base excess von $-13,50$ mmol/l. Die drei anderen Patienten mit Base excess Werten hatten keine Darmischämie. Die beiden Patienten mit einem Base excess im Normalbereich überlebten, und der Patient mit einer metabolischen Alkalose mit einem Base excess $10,10$ mmol/l starb zwei Tage später an akutem Leberversagen.

Auch in unserer Untersuchung zeigte es sich, dass die Laborparameter sehr unspezifisch sind und zur Diagnose der Darmischämie nicht viel beitragen können. Allerdings ist die Datenbasis aufgrund der wenigen Werte nicht ausreichend. Dies lässt vermuten, dass der Kliniker den Laborparametern für die Diagnosestellung der Darmischämie keinen großen Stellenwert einräumt, denn sonst würde er wohl auf diese Hilfestellung nicht verzichten.

5.4 Erkennung im CT

Bei der Befundung durch das Mehrschicht-Spiral-CT war nur eine der 78 Diagnosen „keine Darmischämie“ falsch negativ (siehe Tabelle 2: CT-Diagnosen und tatsächliche Erkrankung, S.44). Pathologisch wurde eine „wahrscheinlich alte Darmischämie mit fokal ischämischer Darmwandnekrose mit Perforation“ diagnostiziert. Der Patient überlebte. Andererseits waren drei Befunde „Darmischämie“ falsch positiv, von denen zwei Patienten starben. In einem Fall wurde eine Hemikolektomie wegen eines toxischen Megakolons durchgeführt, das keine Ischämie aufwies, im anderen Fall ergab sich eine eitrige Peritonitis bei Perforation eines Ulcus ventriculi. Bei der überlebenden Patientin wurde während der OP eine Minderperfusion des Darms beobachtet, eine Resektion aber nicht für notwendig erachtet.

Es wurden insgesamt 7 Fälle als „unklar“ eingestuft. Davon ergab sich in einem Fall letztendlich doch eine Darmischämie und in sechs Fällen wurde keine Darmischämie gefunden. Bei dem unklaren Befund mit Darmischämie handelte es sich um eine lokale Ischämie in Nähe zu einer Lymphknotenmetastase bei bekanntem Cervixcarcinom. Die Patientin überlebte. Drei (50%) der als „unklar“ befundeten Patienten ohne Darmischämie starben.

Es wurden also lediglich zwei Fälle von Darmischämie übersehen und bei den unklaren Befunden handelte es sich in 86% der Fälle (6/7) um keine Darmischämie.

Im Vergleich lässt sich feststellen, dass die beiden Fälle von Darmischämie, die übersehen wurden, lokal begrenzt und nicht tödlich waren, und die Patienten, bei denen fälschlich eine Darmischämie diagnostiziert wurde, zu über 50% (5/9) starben. Eine Verbesserung der Sensitivität des CTs auf 100% hätte das Überleben der falsch negativen Fälle nicht verbessert. Eine Erhöhung der Spezifität auf 100% hätte in 2 von 4 Fällen vielleicht eine Operation verhindern können. In beiden Fällen wurde während der OP eine Minderperfusion des Darms gesehen, eine Darmresektion aber nicht für nötig erachtet. Ein Patient starb später an einer Herzinsuffizienz und einer überlebte. In den beiden anderen Fällen wurde eine Darmresektion durchgeführt, es ergab sich aber keine Darmischämie. Beide Patienten starben. Durch das Mehrschicht-Spiral-CT werden anscheinend auch Minderperfusionsen des Darms diagnostizierbar, die nicht chirurgisch angegangen werden müssen.

Es scheint sinnvoll zu sein, nur dann von einer chirurgisch zu behandelnden Darmischämie auszugehen, wenn eine sichere Ischämiediagnose möglich ist. Bei unklaren Befunden empfiehlt sich eine konservative Behandlung.

Auch die berechnete Likelihood-Ratio stützt diese Einschätzung. Die Werte (siehe S.46) sind noch einmal in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 26: Einordnung unklarer Befunde

	Sen	Spez	LR+	LR-	PV	NV
unklare Befunde nicht berücksichtigt	96,0 %	96,3%	25,60	0,04	88,9%	98,7%
unklare Befunde als Ischämie gewertet	96,2%	89,5%	9,19	0,04	73,5%	98,7%
unklare Befunde als keine Ischämie gewertet	92,3%	96,5%	26,46	0,08	88,9%	97,6%

Sen: Sensitivität, Spez: Spezifität, LR+: positive Likelihood-Ratio, LR-: negative Likelihood-Ratio, PV: positiver Vorhersagewert, NV: negativer Vorhersagewert

In allen 3 Fällen liegt die negative Likelihood-Ratio unter 0,1 und ändert sich nur wenig. Der negative Vorhersagewert liegt bei circa 98%. Der Wert von LR- = 0,08 bedeutet folgendes: Die Wahrscheinlichkeit, dass ein negatives Testergebnis auch tatsächlich keine Darmischämie ist, ist 12,5 mal so groß ist wie die Wahrscheinlichkeit, dass der Test falsch negativ ist. Somit ist das Mehrschicht-Spiral-CT zum Ausschluss einer Darmischämie bei entsprechendem Verdacht sehr gut geeignet.

Die positive Likelihood-Ratio ist am kleinsten, wenn die unklaren Befunde als erkannte Darmischämie gewertet werden. Sie ist am größten, wenn die unklaren Befunde als keine Ischämie gewertet werden. Der Wert von 26,46 zeigt, dass das Mehrschicht-Spiral-CT sehr gut als Test zur Erkennung einer Darmischämie geeignet ist. Er besagt, dass die Wahrscheinlichkeit bei einem positiven Ischämiebefund tatsächlich eine Darmischämie gefunden zu haben, über 26 mal größer ist, als die Wahrscheinlichkeit dass keine Darmischämie vorliegt.

Die Sensitivität sinkt auf 92%, wenn die unklaren Befunde als keine Ischämie behandelt werden. Das hatte bei den von uns untersuchten Fällen keine folgenschweren Konsequenzen, da die beiden übersehenen Darmischämien nicht tödlich und lokal begrenzt waren. Tödliche Darmischämien werden anscheinend sicher mit dem Mehrschicht-Spiral-CT diagnostiziert. Man sollte jedoch bedenken, dass ein unklarer

Befund häufig bei Patienten erhoben wurde, die schwer krank waren und zu über 50% starben. Ein unklarer Befund sollte also, obwohl eine Darmischämie eher unwahrscheinlich ist, zu weiteren diagnostischen Anstrengungen führen.

Um eine Vergleichbarkeit zu erreichen, wurden in der folgenden Tabelle von den Autoren als unklar eingestufte Befunde als „keine Darmischämie“ eingeordnet und daraus die folgenden Werte ermittelt:

Tabelle 27: Sensitivität und Spezifität in der Literatur

Autor	Jahr	n	Sen	Spez	PV	NV	LR+	LR-	Bemerkungen
Computertomographien									
Alpern [4]	1988	23	26%	-	-	-	-	-	43% falsch negativ
Smerud [93]	1989	23	39%	-	-	-	-	-	35% falsch negativ
Klein [50]	1995	22	82%	-	-	-	-	-	nur operierte Fälle 18% falsch negativ
Taourel [99]	1996	63	64%	92%	93%	61%	7,69	0,39	sekundäre Ursachen ausgeschlossen
Balthazar [7]	1997	100	73%	95%	83%	91%	13,88	0,28	(‡) 35 von 54 Pat non-helical scan
Zalcman [113]	2000	144	96%	93%	72%	99%	12,78	0,05	prospektiv nur Patienten mit Obstruktion
Park [76]	2002	18	89%	-	-	-	-	-	nur operierte Fälle
Eigene Untersuchung	2004	112	92%	97%	89%	98%	26,46	0,08	
Angiographien									
Boley [14]	1977	50	94%	53%	83%	80%	2,02	0,11	
Clark [25]	1984	56	100%	72%	77%	100%	3,63	0,0	in 8 Fällen konnte die Ursache der Beschwerden nicht geklärt werden
Klein [50]	1995	16	88%	-	-	-	-	-	nur operierte Fälle
Böttger [16]	1990	13	77%	-	-	-	-	-	prospektiv
Park [76]	2002	49	100%	-	-	-	-	-	in 2 Fällen konnte nicht zwischen Embolie und Thrombose unterschieden werden

n = Fallzahl Sen = Sensitivität Spez = Spezifität
PV = positiver Vorhersagewert NV = negativer Vorhersagewert
LR+ = positive Likelihood-Ratio LR- = negative Likelihood-Ratio
(‡) in der Veröffentlichung sind die Werte für Sen und Spez mit PV und NV vertauscht

Häufig lässt sich die Spezifität einer CT-Untersuchung zum Erkennen einer Darmischämie nicht angeben, weil bei der Auswahl der Fälle nur Patienten berücksichtigt wurden, die sicher eine Darmischämie hatten. Diese Patienten wurden vorher operiert oder die Diagnose wurde pathologisch gestellt, und die Röntgen- oder CT-Bilder wurden dann retrospektiv betrachtet. Durch diese Vorgehensweise werden richtig negative und falsch positive Befunde nicht berücksichtigt. Unsere Methodik schloss

richtig negative und auch falsch positive Befunde nicht aus, da alle Patienten mit der Verdachtsdiagnose Darmischämie einbezogen wurden. Der Erfolg der CT-Untersuchung ergibt eine Sensitivität von 92% und eine Spezifität von 97%. Dies steht den Erfolgen der Angiographie nicht nach, vor allem wenn die weiteren diagnostischen Möglichkeiten berücksichtigt werden, welche die Angiographie nicht bietet. Die Äußerung von Yamada et al. 1998 [112], eine Darmischämie könne mit dem CT nicht ausgeschlossen werden, darf als überholt gelten.

5.5 Vergleich der bildgebenden Verfahren

Das CT ist eines der wertvollsten Hilfsmittel in der Diagnostik von Patienten mit akuten abdominellen Schmerzen, mit dessen Hilfe peritoneale und retroperitoneale Organe in ihrer Beziehung zueinander ohne Behinderung durch Gas oder Körperfett beurteilt werden können [67]. Mit Anwendung der Kontrastmittelgabe in Bolustechnik lässt sich auch eine funktionelle Aussage über die Darmwand treffen.

Beim Vergleich von konventionellem Röntgen und CT muss man unterscheiden zwischen einer orientierenden Untersuchung von Patienten mit akutem Abdomen und der speziellen Untersuchung bei einer angenommenen Darmischämie.

Die Entscheidung, ob die konventionelle Röntgenaufnahme bei der Beurteilung des akuten Abdomen entfallen kann, wird von einigen Autoren diskutiert. Allerdings ist das Röntgen auch aufgrund seiner hohen Verfügbarkeit und Schnelligkeit bisher aus der Diagnostik des akuten Abdomen nicht verschwunden. Die Überlegenheit des CT bei der Darstellung vieler Krankheitsbilder wird von etlichen Autoren betont. Doch die höheren Kosten und die höhere Strahlenexposition des Patienten im CT lassen die Anwendung des konventionellen Röntgen noch immer ratsam erscheinen. Oft wird schon bei der körperlichen Untersuchung durch den Arzt über das therapeutische Vorgehen entschieden. Die Abdomenübersichtsaufnahme kann dann in vielen Fällen die Diagnose sichern, ohne dass ein CT nötig wird [6]. In den Fällen, die nicht schon durch die körperliche Untersuchung oder durch die Röntgenaufnahme geklärt worden sind, hat sich das CT auch in prospektiven Studien als hilfreiches diagnostisches Instrument bewährt, was die Diagnosesicherheit beträchtlich erhöhen kann [98].

Clark berichtete 1987 von 22 Fällen von Darmischämie, bei denen die Verdachtsdiagnose vor dem CT nur in drei Fällen auf Darmischämie gelaute hatte [24]. Taourel et al. vermieden 1992 mit dem CT in sieben von 40 Fällen eine unnötige Laparotomie, und die Therapie wurde in 30% der Fälle nach dem CT verändert [98]. Bei Siewert et al. wurde 1997 durch das CT bei 27% der Patienten die Behandlung geändert [91]. Rosen et al. verglichen 2000 die Diagnosesicherheit vor und nach einer CT-Untersuchung. In der Studie wurden Patienten untersucht, die mit nicht traumatischen Bauchschmerzen in der Notaufnahme erschienen [85]. Die Diagnosesicherheit wurde durch die CT-Untersuchung bei 81% der Patienten im Mittel um zwei Punkte auf einer 5-Punkteskala erhöht. Bei 60% der Patienten wurde die Behandlung nach dem CT geändert. Einer der Patienten litt an einer Darmischämie, die auch erkannt wurde. Bei 24% der Patienten konnte die CT-Untersuchung eine unnötige Krankenhausaufnahme verhindern. Ridley und Green berichteten 2001, dass durch die Diagnose einer Mesenterialarterienthrombose mit einem Mehrschicht-Spiral-CT eine Operation eines vermuteten Aortenaneurysmas verhindert wurde [82]. Raby schlussfolgerte 2001, dass ein Vorteil des CTs die Möglichkeit der Erkennung anderer Erkrankungen als der Verdachtsdiagnose ist [79]. Ahn et al. fanden in ihrer Untersuchung 2002, dass das CT bei den gefundenen Erkrankungen sensitiver als das Röntgen war [3]. Tsushima et al. meinten 2002, dass sich die diagnostische Sicherheit bei der Diagnostik des akuten Abdomens mit dem Einsatz des CT erhöhen lässt [102]. Sie stieg von 58% auf 80% nach der CT-Untersuchung. Die CT-Diagnose war in 93% der Fälle richtig, die vor dem CT gestellte Diagnose nur in 71%. In 25% der Fälle wurde die Therapie nach der CT-Untersuchung geändert. In seinem Patientenkollektiv fand sich im Zeitraum eines halben Jahres allerdings keine Darmischämie.

Das CT ist in der Diagnostik des akuten Abdomens etabliert. Unsere Untersuchung zeigt, dass auch bei der Diagnostik der Darmischämie große Fortschritte gemacht wurden. Durch den retrospektiven Charakter der Untersuchung sind jedoch keine Angaben zur Diagnosesicherheit möglich.

Auch im direkten Vergleich von konventionellem Röntgen und CT für die spezielle Diagnostik der Darmischämie lassen sich mit dem Mehrschicht-Spiral-CT wesentlich mehr Fälle von Darmischämie erkennen. 1984 wird der Computertomographie von Federle et al. nur eine teilweise Überlegenheit über die konventionelle Röntgen-

aufnahme bescheinigt [33]. Mit dem CT konnte in 6 von 7 Fällen die Diagnose Darmischämie gestellt werden. Das konventionelle Röntgen konnte nur bei 3 von 7 Fällen die Darmischämie als wahrscheinliche Ursache der Beschwerden angeben. Das damalige Protokoll erforderte noch eine große Schichtdicke von 1-2 cm, und es handelte sich noch nicht um ein Spiral-CT. 1990 fanden Smerud et al. bei einem Vergleich von CT und konventionellen Röntgenuntersuchungen eine Sensitivität des CTs von 39% und bei den Röntgenaufnahmen von 30% [93]. Nur in einem von 23 Fällen ließ sich sowohl durch das CT als auch durch das Röntgenbild der Verdacht auf eine Darmischämie begründen. Allerdings wurde nur in 43% der Untersuchungen Kontrastmittel verwendet und die Schichtdicke lag bei 10 mm. Die Technik der Kontrastmittelgabe im Bolus wurde von Smerud et al. noch nicht angewendet. In der Studie von Böttger et al. im Jahre 1990 wurde bei 46 Patienten in keinem Fall aufgrund der Abdomenübersichtsaufnahme der Verdacht auf einen Mesenterialgefäßverschluss geäußert [16]. Sonographisch konnte in 5 von 46 Fällen der Verschluss direkt gesehen werden. Klein et al. konnten 5 Jahre später nur bei 28% der Patienten mit Darmischämie eine erfolgreiche Ischämiediagnose aufgrund der Sonographie- und Röntgenbefunde berichten [50]. Das CT erreichte allerdings eine Sensitivität von 82%. Yamada et al. berichteten 1998, dass bei 3 von 25 Fällen (12%) mit Röntgen die Diagnose Darmischämie gestellt werden konnte [112]. Die röntgenologischen Zeichen waren meist unspezifisch, und die gefundenen Darmischämien waren schon sehr ausgeprägt. Sie hielten das CT für dem Röntgen überlegen, da in 73% der Fälle (19/26) die Diagnose Darmischämie mit dem CT gestellt werden konnte.

In unserer Untersuchung wurde in 20 Fällen (18%) eine Abdomenübersichtsaufnahme gefertigt, bei der in keinem Fall die Diagnose Darmischämie gestellt wurde. In 5 Fällen wurde eine vorhandene Darmischämie nicht erkannt. Es waren also 25% der Röntgenbefunde falsch negativ und in 5% der Fälle war der Befund unklar. Die Sensitivität lag bei 0%. Zur Entdeckung einer Darmischämie war das Röntgen nicht geeignet. Allerdings verwundert, dass sich die Diagnostik fast 30 Jahre nach Swarts und Meyers klinisch-radiologischem Konzept [97] so sehr verschlechtert haben soll. Möglicherweise liegen die Gründe in der verbesserten Diagnostik durch CT, MRT und Angiographie, die den Radiologen bei der Aussage zur Darmischämie aufgrund eines Röntgenbildes sehr vorsichtig sein lassen. In den meisten Fällen, in denen das Röntgen keine eindeutige Diagnose zulässt, wird sich eine CT-Untersuchung

anschließen, welche die Erkennung viel deutlicher und genauer ermöglicht. Es wurde auch bei der Mehrzahl der Fälle gar keine Abdomenübersichtsaufnahme angefertigt. Bradbury et al. sahen schon 1995 den Hauptgrund für die Durchführung von konventionellem Röntgen und Labortests nicht mehr in der Diagnose der Darmischämie, sondern im Ausschluss anderer Differentialdiagnosen [17]. So mag sich der Radiologe bei der Befundung des Röntgenbildes auf die Stärken dieser Methode konzentrieren, (wie z.B.: freie Luft, Ileuszeichen, Fremdkörper etc.) und überlässt eine zusätzliche Diagnostik den dafür besser geeigneten Untersuchungsmethoden. Fraglich bleibt, in wie vielen Fällen die konventionelle Röntgenuntersuchung eine richtige Diagnose ermöglichte und es trotz der Verdachtsdiagnose Darmischämie zu keiner CT-Untersuchung kam.

Eine Sonographie des Abdomens wurde bei 50 (45%) in dieser Studie eingeschlossenen Patienten durchgeführt. Zur Klärung der Verdachtsdiagnose der Darmischämie konnte sie wenig beitragen. In 6 Fällen wurde nach der Sonographie der Verdacht auf Darmischämie ausgesprochen, der aber nur in einem Fall bestätigt wurde. Als diagnostisches Instrument zur Erkennung einer Darmischämie hat sich die Sonographie in dieser Untersuchung nicht empfohlen. Es kann aber keine Aussage darüber gemacht werden, wie viele CT-Untersuchungen sich durch Einsatz der Sonographie erübrigten, indem bei anfänglichem Verdacht auf Darmischämie sonographisch eine andere Erkrankung diagnostiziert wurde.

Die Angiographie ist eine sehr erfolgreiche Untersuchungsmethode zur Erkennung einer akuten Darmischämie. Besonders hoch ist die Erfolgsrate, wenn die Angiographie beim Vorliegen von Risikofaktoren bei jedem Auftreten von abdominalen Schmerzen angewendet wird (Sensitivität 94%, 4% falsch negativ 2/50) [14]. Es gibt auch Untersuchungen, die eine Sensitivität von bis zu 100% ergaben [25,76]. Allerdings wird die hohe Anzahl richtig negativer Diagnosen bei einem aggressiven Vorgehen als nicht ressourcenschonend bewertet [17]. Zusätzlich wird davor gewarnt, durch eine Angiographie eine notwendige chirurgische Intervention zu verzögern [17,54]. Zudem besteht bei einem beatmeten Patienten auf der Intensivstation die Gefahr, eine Darmischämie zu diagnostizieren, obwohl die abnorme Durchblutung des Darms asymptomatisch und klinisch nicht relevant ist [17].

Die Spezifität der Angiographie ist nicht so hoch wie die des Mehrschicht-Spiral-CTs (siehe Tabelle 27: Sensitivität und Spezifität in der Literatur, S.71). Ein Vorteil aber ist die Möglichkeit der Gabe von Vasodilatoren über den Angiographiekatheter, was die Angiographie zur Methode der Wahl bei Erkennung der NOMI macht [26]. Diese Therapiemöglichkeit kann auch die Prognose von okklusiven Darmischämien verbessern, denn die Vasokonstriktion hat einen großen Anteil am Krankheitsbild der Darmischämie [48].

Häufig ist eine Darmischämie aber nicht die hauptsächliche Verdachtsdiagnose, sondern, wie beim akuten Abdomen, nur eine seltene von vielen Differentialdiagnosen. Hier ist es notwendig, in kürzester möglicher Zeit ein Maximum an Informationen zur Diagnosestellung zu erlangen. In dieser Situation ist zwischen der Möglichkeit einer relativ sicheren Diagnose der Darmischämie durch die Angiographie und der langen Vorbereitungszeit abzuwägen, wobei mögliche andere Erkrankungen mit der Angiographie weniger gut beurteilt werden können. Lange riet 1989 von der Angiographie ab, falls dadurch Zeit verloren gehen sollte oder das Serumlactat im Normbereich liegt [54]. Izbicki et al. empfahlen 2003 die Angiographie nur in Fällen, in denen sich noch keine peritonitischen Zeichen finden [44]. Sarkar hält die Angiographie bei der akuten Darmischämie für unabdingbar und hält selbst einen geringen Zeitverlust für vertretbar [87].

Ein aggressiver Einsatz der Angiographie hat hohe Erfolgsraten erzielt, aber es ergeben sich daraus auch eine große Anzahl von unnötigen Untersuchungen [17]. Es ist fraglich, ob mit einem Einsatz der Angiographie in diesem Patientenkollektiv bessere Ergebnisse erzielt worden wären. Es lagen 43% der Patienten auf einer Intensivstation. Unter diesen befanden sich viele Patienten mit kardiologischen Erkrankungen und arteriosklerotisch veränderten Gefäßen. Ottinger berichtete, allerdings vor 25 Jahren, über zwei Fälle von iatrogenen Darmischämien durch losgelöste Arterioskleroseplaques [73]. Dies ist ein Risiko, das mit der Mehrschicht-Spiral-CT-Untersuchung nicht besteht. Durch den nicht-invasiven Charakter der CT-Untersuchung bestehen bei diesen Patienten auch weniger Kontraindikationen (Gerinnungsstatus, Wasserhaushalt). Zudem ist die Angiographie als zusätzliche Untersuchung zu betrachten, da viele CT-Untersuchungen zum Ausschluss anderer Krankheiten trotzdem durchgeführt worden wären [15]. Auch Boley et al. und Kaleya et al. nutzten bei ihrem „aggressive approach“ Röntgenaufnahmen, um andere

Erkrankungen auszuschließen. Erst wenn auf der Röntgenaufnahme keine Ursache des akuten Abdomens gefunden wurde, wurde die Angiographie durchgeführt [14,48].

Das CT hat den Vorteil, nicht nur den Gefäßverschluss zeigen zu können, sondern gleichzeitig auch die Konsequenzen, die dieser für die Darmwand hat [99]. Das CT kann mit dem Nachweis von minderperfundierten Darmschlingen eine Ischämie des Darmes zeigen, bevor eine Gangrän eingetreten ist. Es ist eine bessere Abgrenzung konservativ zu behandelnder von zu operierenden Patienten möglich. Unstrittig ist, dass das Zeitintervall vom Auftreten der ersten Symptome über die Diagnosestellung zur Therapie so kurz wie möglich zu halten ist, da die Letalität mit dem Diagnosezeitraum exponentiell ansteigt [84].

Aufgrund des retrospektiven Charakters dieser Untersuchung lässt sich nicht bestimmen, wie viele der eigentlich geplanten Mehrschicht-Spiral-CT-Untersuchungen bei Darmischämieverdacht nicht stattgefunden haben, weil die Angiographie, Sonographie oder die konventionelle Röntgenaufnahme einen Befund lieferten, der eine sofortige Intervention nötig oder eine weitergehende Untersuchung im CT überflüssig machte. Infolgedessen ist ein Vergleich der Untersuchungsmethoden schwierig. Welcher Zuwachs an diagnostischer Sicherheit durch die einzelnen Untersuchungsmethoden erreicht werden kann, ist aus demselben Grund nicht zu beantworten. Die geringe Zahl der Laborwerte macht eine Bewertung der einzelnen Parameter schwierig.

6 Zusammenfassung

Die Darmischämie ist eine seltene und, wenn unbehandelt, tödliche Erkrankung, die häufig ältere Menschen betrifft. Trotz großer Fortschritte in der Therapie liegt die Letalität der Erkrankung immer noch bei ca. 70%. Eine Verbesserung ist hauptsächlich durch eine sichere Diagnose in dem kurzen diagnostischen Zeitfenster von 12 Stunden zu erreichen. Hierzu kann das Mehrschicht-Spiral-CT mit seinen verbesserten Aufnahmebedingungen und Darstellungsmöglichkeiten beitragen.

In dieser Studie wurde untersucht, ob eine Untersuchung in einem Mehrschicht-Spiral-CT bei Verdacht auf Darmischämie sinnvoll ist. In einem Zeitraum von drei Jahren fanden sich in der Charité Berlin Campus Mitte, 112 Patienten, bei denen ein Mehrschicht-Spiral-CT bei Verdacht auf Darmischämie durchgeführt wurde. Das Durchschnittsalter des Patientenkollektivs betrug 63,8 Jahre und das Mann / Frau Verhältnis betrug 1 zu 0,72. In 26 Fällen handelte es sich um eine Darmischämie. Durch das CT wurden 24 (92,4%) Fälle erkannt, ein Fall (3,8%) wurde falsch negativ befundet und ein Fall (3,8%) wurde als unklar eingestuft. Von den 86 Fällen, die keine Darmischämie aufwiesen wurden 77 (89,5%) korrekt erkannt, drei (3,5%) wurden falsch positiv befundet und 6 Fälle (7,0%) wurden als unklar eingestuft. Bei einigen Patienten wurden zusätzlich Sonographie oder konventionelle Röntgenuntersuchungen durchgeführt. Durch die Sonographie konnte von 15 Darmischämien keine erkannt werden (14 falsch negativ, 1 unklar). Durch die konventionelle Röntgenuntersuchung konnte keine von 4 Darmischämien erkannt werden (3 falsch negativ, 1 unklar).

Bei den Formen der Darmischämie trat die nicht okklusive Darmischämie mit 35% (n=9) am häufigsten auf. Die Häufigkeiten der okklusiven Darmischämien lagen bei der arteriellen Embolie bei 31% (n=8), bei der venösen Thrombose bei 11% (n=3) und bei der arteriellen Thrombose bei 8% (n=2). Ein sekundärer mechanischer Verschluss trat in 15% (n=4) der Fälle auf.

Das Überleben wurde über einen Zeitraum von 30 Tagen nach der CT-Untersuchung verfolgt. Die Letalität betrug bei den Fällen mit Darmischämie 69%, bei den Patienten ohne Darmischämie 29% und lag im Gesamtkollektiv bei 38%. Das mediane Überleben betrug bei den Patienten mit Darmischämie 9 Tage.

Bei den durchgeführten Laboruntersuchungen wurden bei Leukozytenzahl, Serumlactat und D-Dimere keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Patienten mit und ohne Darmischämie gefunden.

Das Mehrschicht-Spiral-CT hat sich mit einer Sensitivität von 92% und einer Spezifität von 97% als geeignet zur Erkennung einer Darmischämie gezeigt. Befunde des Mehrschicht-Spiral-CT, die nicht sicher eine Darmischämie zeigen sind mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht operationswürdig.

Literaturverzeichnis

- 1) **Aakhus T, Braband G:** Angiography in acute superior mesenteric arterial insufficiency.
Acta Radiol, 1967; 6 (1): 1-11.
- 2) **Acosta S, Nilsson TK, Björck M:** Preliminary study of D-dimer as a possible marker of acute bowel ischaemia.
Br J Surg, 2001; 88: 385-388.
- 3) **Ahn SH, Mayo-Smith WW, Murphy BL, Reinert SE, Cronan JJ:** Acute nontraumatic abdominal pain in adult patients: abdominal radiography compared with CT evaluation.
Radiology, 2002; 225: 159-164.
- 4) **Alpern MB, Glazer GM, Francis IR:** Ischemic or infarcted bowel: CT findings.
Radiology, 1988; 166: 149-152.
- 5) **American Gastroenterological Association, Clinical Practice and Practice Economics Committee:** American gastroenterological association medical position statement: guidelines on intestinal ischemia.
Gastroenterology, 2000; 118: 951-953.
- 6) **Baker SR:** Unenhanced helical CT versus plain abdominal radiography: a dissenting opinion?
Radiology, 1997; 205 (3): 45-47.
- 7) **Balthazar EJ, Liebeskind ME, Macari M:** Intestinal ischemia in patients in whom small bowel obstruction is suspected: evaluation of accuracy, limitations and clinical implications of CT in diagnosis.
Radiology, 1997; 205: 519-522.
- 8) **Balthazar EJ, Yen BC, Gordon RB:** Ischemic colitis: CT evaluation of 54 cases.
Radiology, 1999; 211: 381-388.

- 9) **Bartnicke BJ, Balfe DM:** CT appearance of intestinal ischemia and intramural hemorrhage.
Radiol Clin North Am, 1994; 32 (5): 845-860.
- 10) **Beyer D, Köster R:** Bildgebende Diagnostik akuter intestinaler Durchblutungsstörungen, Ein klinisch radiologisches Konzept.
1. Auflage Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, Springer Verlag, 1985
- 11) **Beyer D, Mödder U:** Diagnostic Imaging of the Acute Abdomen.
1. Auflage Berlin, Heidelberg, New York, Springer Verlag, 1988: 290.
- 12) **Björck M, Acosta S, Lindberg F, Troëng T, Bergqvist D:** Revascularization of the superior mesenteric artery after acute thromboembolic occlusion.
Br J Surg, 2002; 89: 923-927.
- 13) **Boley SJ, Lawrence JB, Sammartano RJ:** History of mesenteric ischemia.
Surg Clin North Am, 1997; 77 (2): 275-288.
- 14) **Boley SJ, Sprayregan S, Siegelman SS, Veith FJ:** Initial results from an aggressive roentgenological and surgical approach to acute mesenteric ischemia.
Surgery, 1977; 82 (6): 848-855.
- 15) **Boos S:** Angiographie der Arteria mesenterica 1976 bis 1991; Wandel der Indikationen bei der mesenterialen Durchblutungsstörung?
Radiologe, 1992; 32: 154-157.
- 16) **Böttger T, Schäfer W, Weber W, Junginger T:** Wertigkeit der präoperativen Diagnostik beim Mesenterialgefäßverschuß; Eine prospektive Studie.
Langenbecks Arch Chir, 1990; 375: 278-282.
- 17) **Bradbury AW, Brittenden J, McBride K, Ruckley CV:** Mesenteric ischaemia: a multidisciplinary approach.
Br J Surg, 1995; 82: 1446-1459.

- 18) **Bradbury MS, Kavanagh PV, Bechtold RE et al.:** Mesenteric venous thrombosis: diagnosis and noninvasive imaging.
Radiographics, 2002; 22: 527-541.
- 19) **Brandt LJ, Boley SJ:** AGA technical review on intestinal ischemia.
Gastroenterology, 2000; 118: 954-968.
- 20) **Brink JA:** Spiral CT angiography of the abdomen and pelvis: interventional applications.
Abdom Imaging, 1997; 22: 365-372.
- 21) **Cappell MS:** Intestinal (mesenteric) vasculopathy. I. Acute superior mesenteric arteriopathy and venopathy.
Gastroenterol Clin North Am, 1998; 27 (4): 783-825.
- 22) **Caspary WS (Hrsg.), Dietrich CF:** Vaskuläre Krankheiten von Dün- und Dickdarm in Darmkrankheiten: Klinik, Diagnostik und Therapie.
14. Auflage Berlin, Springer Verlag, 1999: 392.
- 23) **Chow LC, Chan FP, Li KCP:** A comprehensive approach to MR imaging of mesenteric ischemia.
Abdom Imaging, 2002; 27: 507-516.
- 24) **Clark RA:** Computed tomography of bowel infarction.
J Comput Assist Tomogr, 1987; 11 (5): 757-762.
- 25) **Clark RA, Gallant TE:** Acute mesenteric ischemia: angiographic spectrum.
AJR, 1984; 142: 555-562.
- 26) **Cognet F, Salem DB, Dransart M et al.:** Chronic mesenteric ischemia: imaging and percutaneous treatment.
Radiographics, 2002; 22: 863-880.
- 27) **Czerny M, Trubel W, Claeys L, Scheuba C et al.:** Die akute mesenteriale Ischämie.
Zentralbl Chir, 1997; 122: 538-544.

- 28) **Düber C, Wüstner M, Diehl SJ, Post S:** Bildgebung im Rahmen der Notfalldiagnostik bei mesenterialer Ischämie.
Chirurg, 2003; 74: 399-406.
- 29) **Eckstein HH:** Die akute mesenteriale Ischämie, Resektion oder Rekonstruktion?
Chirurg, 2003; 74: 419-431.
- 30) **Eldrup-Jorgensen J, Hawkins RE, Bredenberg CE:** Abdominal vascular catastrophes.
Surg Clin N Am, 1997; 77 (6): 1305-1320.
- 31) **Ende N.:** Infarction of the bowel in cardiac failure.
N Engl J Med, 1958; 258: 879-881.
- 32) **Endean ED, Barnes SL, Kwolek CJ, Minion DJ, Schwarcz TH, Mentzer Jr. RM:** Surgical management of thrombotic acute intestinal ischemia.
Ann Surg, 2001; 233 (6): 801-808.
- 33) **Federle MP, Chun G, Jeffrey RB, Rayer R:** Computed tomographic findings in bowel infarction.
AJR, 1984; 142: 91-95.
- 34) **Furrer J, Grüntzig A, Kugelmeier J, Goebel N:** Treatment of abdominal angina with percutaneous dilatation of an arteria mesenterica superior stenosis.
Cardiovasc Intervent Radiol, 1980; 3: 43-44.
- 35) **Gagné DJ, Malay MB, Hogle NJ, Fowler DL:** Bedside diagnostic minilaparoscopy in the intensive care patient.
Surgery, 2002; 131 (5): 491-496.
- 36) **Gore RM, Miller FH, Pereles FS, Yaghmai V, Berlin JW:** Helical CT in the evaluation of the acute abdomen.
AJR, 2000; 174: 901-913.
- 37) **Gupta H, Dupuy DE:** Advances in imaging the acute abdomen.
Surg Clin N Am, 1997; 77 (6): 1245-1263.

- 38) **Haage P, Krings T, Schmitz-Rode T**: Nontraumatic vascular emergencies: imaging and intervention in acute venous occlusion.
Eur Radiol, 2002; 12: 2627-2643.
- 39) **Hengesbach B**: Das Verschlußsyndrom der Visceralarterien.
Dissertation, Medizinische Fakultät Universität Köln, 1975
- 40) **Horton KM, Eng J, Fishman EK**: Normal enhancement of the small bowel: evaluation with spiral CT.
J Comput Assist Tomogr, 2000; 24 (1): 67-71.
- 41) **Horton KM, Fishman EK**: Computed tomography evaluation of intestinal ischemia.
Semin Roentgenol, 2001; 36 (2): 118-125.
- 42) **Horton KM, Fishman EK**: Multidetector Row CT of mesenteric ischemia: can it be done?
Radiographics, 2001; 21: 1463-1473.
- 43) **Howard TJ, Plaskon LA, Wiebke EA, Wilcox MG, Madura JA**: Nonocclusive mesenteric ischemia remains a diagnostic dilemma.
Am J Surg, 1996; 171: 405-408.
- 44) **Izbicki JR, Schneider CG, Kastl S**: Partielle Ischämien; Okklusive und nichtokklusive Darmischämie, ischämische Kolitis, systemischer Lupus erythematodes.
Chirurg, 2003; 74: 413-418.
- 45) **Jända A, Hagmüller GW, Denck H**: Lactat zur Diagnose akuter intestinaler Gefäßverschlüsse.
Chirurg, 1984; 55: 469-473.
- 46) **Kaatee R, Beek FJA, de Lange EE et al.**: Renal artery stenosis: detection and quantification with spiral CT angiography versus optimized digital subtraction angiography.
Radiology, 1997; 205: 121-127.

- 47) **Kalender WA, Seissler W, Klotz E, Vock P:** Spiral volumetric CT with single-breath-hold technique, continuous transport, and continuous scanner rotation. Radiology, 1990; 176: 181-183.
- 48) **Kaleya RN, Sammartano RJ, Boley SJ:** Aggressive approach to acute mesenteric ischemia. Surg Clin North Am, 1992; 72 (1): 157-182.
- 49) **Kanda T, Fujii H, Tani T et al.:** Intestinal fatty acid-binding protein is a useful diagnostic marker for mesenteric infarction in humans. Gastroenterology, 1996; 110: 339-343.
- 50) **Klein HM, Lensing R, Klosterhalfen B, Töns C, Günther RW:** Diagnostic imaging of mesenteric infarction. Radiology, 1995; 197: 79-82.
- 51) **Kniemeyer HW, Edelmann M, Reber PU:** Vaskuläre Ursachen des akuten Abdomens: Haben wir Fortschritte erzielt? Chir Gastroenterol, 2002; 18: 252-259.
- 52) **Kornblith PL, Boley SJ, Whitehouse BS:** Anatomy of the splanchnic circulation. Surg Clin North Am, 1992; 72 (1): 1-30.
- 53) **Kurland B, Brandt LJ, Delany HM:** Diagnostic tests for intestinal ischemia. Surg Clin North Am, 1992; 72 (1): 85-105.
- 54) **Lange H:** Die differentialdiagnostische Bedeutung des Lactats bei akuten Bauchkrankungen. Chirurg, 1989; 60: 356-360.
- 55) **Lange H, Jäckel R:** Usefulness of plasma lactate concentration in the diagnosis of acute abdominal disease. Eur J Surg, 1994; 160: 381-384.
- 56) **Lee R, Tung HKS, Tung PHM, Cheung SCW, Chan FL:** CT in acute mesenteric ischaemia. Clin Radiol, 2003; 58 (4): 279-287.

- 57) **Leister I, Markus PM, Becker H:** Mesenteriale Ischämie; Hat die diagnostische Laparoskopie einen Stellenwert?
Chirurg, 2003; 74: 407-412.
- 58) **Lock G:** Die akute mesenteriale Ischämie - häufig übersehen und häufig letal.
Med Klin, 2002; 97 (7): 402-409.
- 59) **Longo WE, Ballantyne GH, Gusberg RJ:** Ischemic colitis: patterns and prognosis.
Dis Colon Rectum, 1992; 35: 726-730.
- 60) **Luther B:** Intestinale Durchblutungsstörungen.
1. Auflage Darmstadt, Steinkopff Verlag, 2001
- 61) **Luther B, Moussazadeh K, Muller BT et al.:** The acute mesenteric ischemia - not understood or incurable?
Zentralbl Chir, 2002; 127 (8): 674-684.
- 62) **Luther B, Sandmann W:** Prognose des Mesenterialinfarkts, Ist eine Verbesserung möglich?
Dtsch Arztebl, 2002; 99 (9): 558-560.
- 63) **Macari M, Balthazar EJ:** CT of bowel wall thickening: significance and pitfalls of interpretation.
AJR, 2001; 176: 1105-1116.
- 64) **Macari M, Chandarana H, Balthazar E, Babb J:** Intestinal ischemia versus intramural hemorrhage: CT evaluation.
AJR, 2003; 180: 177-184.
- 65) **MacDonald PH:** Ischaemic colitis.
Best Pract Res Clin Gastroent, 2002; 16 (1): 51-61.
- 66) **Mamode N, Pickford I, Leiberman P:** Failure to improve outcome in acute mesenteric ischaemia: seven year review.
Eur J Surg, 1999; 165: 203-208.

- 67) **Marincek B:** Nontraumatic abdominal emergencies: acute abdominal pain: diagnostic strategies.
Eur Radiol, 2002; 12: 2136-2150.
- 68) **Marincek B:** Akutes Abdomen: Bildgebung heute.
Dtsch Arztebl, 2002; 99 (45): 3010-3017.
- 69) **Mindelzum RE, Jeffrey RB:** Unenhanced helical CT for evaluating acute abdominal pain: a little more cost, a lot more information.
Radiology, 1997; 205: 43-47.
- 70) **Moallem AG, Gerard PS, Japanwalla M:** Positive In-111 WBC scan in a patient with ischemic ileocolitis and negative colonoscopies.
Clin Nucl Med, 1995; 20 (6): 483-485.
- 71) **Nozaki H, Kohno A, Narimatsu A, Shigeta A, Nakagawa T, Suzuki T:** Superior mesenteric artery occlusion: an unenhanced CT finding.
J Comput Assist Tomogr, 1991; 15 (5): 866-867.
- 72) **Ockert D, Bergert H, Konopke R, Saeger HD:** Das akute Abdomen.
Gynäkologe, 2002; 35 (4): 336-339.
- 73) **Ottinger LW:** The surgical management of acute occlusion of the superior mesenteric artery.
Ann Surg, 1978; 188: 721-731.
- 74) **Ottinger LW, Austen WG:** A study of 136 patients with mesenteric infarction.
Surg Gynec Obstet, 1967; 124 (1): 251-261.
- 75) **Paran H, Epstein T, Gutman M, Feinberg MS, Zissin R:** Mesenteric and portal vein gas: computerized tomography findings and clinical significance.
Dig Surg, 2003; 20: 127-132.
- 76) **Park WM, Gloviczki P, Cherry KJ et al.:** Contemporary management of acute mesenteric ischemia: factors associated with survival.
J Vasc Surg, 2002; 445-452.

- 77) **Parks DA, Granger DN**: Contributions of ischemia and reperfusion to mucosal lesion formation.
Am J Physiol, 1986; 250: G749-G753.
- 78) **Pérez C, Llauger J, Puig J, Palmer J**: Computed tomographic findings in bowel ischemia.
Gastrointest Radiol, 1989; 14: 241-245.
- 79) **Raby N**: The role of CT in acute abdominal pain.
Imaging, 2001; 13 (2): 112-123.
- 80) **Reng M, Lock G, Messman H, Fürst A, Schölmerich J**: Präklinische Notfallmedizin: Akutes Abdomen.
Internist, 1998; 39: 161-170.
- 81) **Rha SE, Ha HK, Lee SH et al.**: CT and MR imaging findings of bowel ischemia from various primary causes.
Radiographics, 2000; 20: 29-42.
- 82) **Ridley N, Green SEM**: Mesenteric arterial thrombosis diagnosed on CT.
AJR, 2001; 176: 549.
- 83) **Ritz JP, Runkel N, Berger G, Buhr HJ**: Prognosefaktoren des Mesenterialinfarktes.
Zentralbl Chir, 1997; 122: 332-338.
- 84) **Rius X, Escalante JF, Llauro JM, Jover J, La Calle JP**: Mesenteric infarction.
World J Surg, 1979; 3: 489-496.
- 85) **Rosen MP, Sands DZ, Longmaid III HE, Reynolds KF, Wagner M, Raptopoulos V**: Impact of abdominal CT on the management of patients presenting to the emergency department with acute abdominal pain.
AJR, 2000; 174: 1391-1396.
- 86) **Rubin GD, Dake MD, Napel SA, McDonnell CH, Jeffrey Jr. RB**: Three-dimensional spiral CT angiography of the abdomen: initial clinical experience.
Radiology, 1993; 186: 147-152.

- 87) **Sarkar R**: Evolution of the management of mesenteric occlusive disease.
Cardiovasc Surg, 2002; 10 (4): 395-399.
- 88) **Schmidthausen B**: Das Abdomenübersichtsbild bei Dünndarmgefäßprozessen,
Eine radiologisch klinische Darstellung.
Dissertation, Medizinische Fakultät Universität Düsseldorf, 1982
- 89) **Schneider TA, Longo WE, Ure T, Vernava III AM**: Mesenteric ischemia.
Dis Colon Rectum, 1994; 37: 1163-1174.
- 90) **Siegelmann SS, Sprayregen S, Boley SJ**: Angiographic diagnosis of mesenteric
arterial vasoconstriction.
Radiology, 1974; 112: 533-542.
- 91) **Siewert B, Raptopoulos V, Müller MF, Rosen MP, Steer M**: Impact of CT on
diagnosis and management of acute abdomen in patients initially treated without
surgery.
AJR, 1997; 168: 173-178.
- 92) **Singh RP, Lee STJ**: Acute mesenteric vascular occlusion: a review of 40 cases.
Int Surg, 1980; 65 (3): 231-234.
- 93) **Smerud MJ, Johnson CD, Stephens DH**: Diagnosis of bowel infarction: a
comparison of plain films and CT scans in 23 cases.
AJR, 1990; 154: 99-103.
- 94) **Smith I, Kumar P, Molloy S et al.**: Base excess and lactate as prognostic
indicators for patients admitted to intensive care.
Intensive Care Med, 2001; 27: 74-83.
- 95) **Statistisches Bundesamt Wiesbaden (Hrsg)**: Statistisches Jahrbuch 2000, Für
die Bundesrepublik Deutschland und für das Ausland.
Wiesbaden, Metzler/Poeschel, 2000
- 96) **Stoney RJ, Cunningham CG**: Acute mesenteric ischemia.
Surgery, 1993; 114 (3): 489-490.

- 97) **Swart B, Meyer G**: Die Diagnostik des akuten Abdomens beim Erwachsenen - ein neues klinisch-röntgenologisches Konzept.
Radiologe, 1974; 14: 1-57.
- 98) **Taourel P, Baron MP, Pradel J, Fabre JM, Seneterre E, Bruel JM**: Acute abdomen of unknown origin: impact of CT on diagnosis and management.
Gastrointest Radiol, 1992; 17: 287-291.
- 99) **Taourel PG, Deneuille M, Pradel JA, Régent D, Bruel JM**: Acute mesenteric ischemia: diagnosis with contrast-enhanced CT.
Radiology, 1996; 199: 632-636.
- 100) **Thompson JS, Bragg LE, West WW**: Serum enzyme levels during intestinal ischemia.
Ann Surg, 1990; 211: 369-373.
- 101) **Trompeter M, Brazda T, Remy CT, Vestring T, Reimer P**: Non-occlusive mesenteric ischemia: etiology, diagnosis, and interventional therapy.
Eur Radiol, 2002; 12: 1179-1187.
- 102) **Tsushima Y, Yamada S, Aoki J, Motojima T, Endo K**: Effect of contrast-enhanced computed tomography on diagnosis and management of acute abdomen in adults.
Clin Radiol, 2002; 57: 507-513.
- 103) **Uflaker R, Goldany MA, Constant S**: Resolution of mesenteric angina with percutaneous transluminal angioplasty of a superior mesenteric artery stenosis using a balloon catheter.
Gastrointest Radiol, 1980; 5: 367-369.
- 104) **Urban BA, Fishman EK**: Tailored helical CT evaluation of acute abdomen.
Radiographics, 2000; 20: 725-749.
- 105) **Venkateswaran RV, Charman SC, Goddard M, Large SR**: Lethal mesenteric ischaemia after cardiopulmonary bypass: a common complication?
Eur J Cardiothorac Surg, 2002; 22: 534-538.

- 106) **Vosshenrich R, Fischer U:** Contrast-enhanced MR angiography of abdominal vessels: Is there still a role for angiography?
Eur. Radiol., 2002; 12: 218-230.
- 107) **Wiesner W, Khurana B, Ji H, Ros PR:** CT of acute bowel ischemia.
Radiology, 2003; 226: 635-650.
- 108) **Wiesner W, Mortelé KJ, Glickman JN, Ji H, Ros PR:** Portal-venous gas unrelated to mesenteric ischemia.
Eur Radiol, 2002; 12: 1432-1437.
- 109) **Wiesner W, Mortelé KJ, Glickman JN, Ji H, Ross PR:** Pneumatosis intestinalis and portomesenteric venous gas in intestinal ischemia.
AJR, 2001; 177: 1319-1323.
- 110) **Wolf AM, Henne-Bruns D:** Mesenteriale Ischämie, Chirurgische Epidemiologie - wann muss man daran denken?
Chirurg, 2003; 74: 395-398.
- 111) **Wolf EL, Sprayregen S, Bakal CW:** Radiology in intestinal ischemia.
Surg Clin North Am, 1992; 72 (1): 107-124.
- 112) **Yamada K, Saeki M, Yamaguchi T et al.:** Acute mesenteric ischemia. CT and plain radiographic analysis of 26 cases.
Clin Imaging, 1998; 22: 34-41.
- 113) **Zalcman M, Sy M, Donckier V, Closset J, van Gansbeke D:** Helical CT signs in the diagnosis of intestinal ischemia in small-bowel obstruction.
AJR, 2000; 175: 1601-1607.

Lebenslauf

Robert Jungblut

Danksagung

Hiermit möchte ich Herrn Professor Doktor Bernd Hamm für die Überlassung des Themas danken.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Doktor Patrik Rogalla für die unermüdliche und aufmunternde Betreuung.

Für ihre Geduld und ihren Ansporn danke ich meiner Frau Dörte und auch Lisa und Ulli, die mich ständig am Computer sitzend ausgehalten haben.

Für die kritischen Kommentare und Hilfen danke ich außerdem Herrn Doktor Heiko Tuchelt und Herrn Doktor Claas Junghans.

Mein spezieller Dank gilt den Mitarbeitern der Bibliotheken der Charité, besonders den Damen in der chirurgischen Bibliothek des Campus Mitte und den Damen im Archiv.